

# Zur Verbreitung von Cladoceren in Tümpeln der Varanger-Halbinsel und anderer waldfreier Landschaften in verschiedenen geographischen Breiten

Von Meertinus P. D. Meijering\*

**Zusammenfassung:** Auf der Varanger-Halbinsel (Ost-Finnmark, Norwegen) wurden in Tümpeln bisher 19 Cladoceren-Arten nachgewiesen, die vorgestellt werden. Im Vergleich mit anderen Regionen in der nördlichen Holarctis zeigt sich, daß die Verbreitungsgrenzen der Cladoceren weitgehend parallel den Breitengraden verlaufen. Verwendet man die Anzahl der Cladoceren-Arten als Indikator, so erscheinen bestimmte Regionen als Gewässer-klimatisch begünstigt oder benachteiligt. Zu den begünstigten Gebieten kann die Varanger-Halbinsel gerechnet werden.

**Summary:** Up to now 19 species of Cladocera have been found in ponds of the Varanger Peninsula (Eastern Finnmark, Norway), which are presented here. A comparison with other regions in the northern Holarctic shows, that the limits of distribution of Cladocera mainly run parallel to latitudes. Using the number of Cladocera-species as an indicator, certain regions seem to be either favoured or unfavoured with respect to the climate in inland-waters. The Varanger Peninsula can be reckoned as a favoured region.

## 1. EINFÜHRUNG

Cladoceren (Wasserflöhe), eine Unterordnung der Phyllopoden (Blattfußkrebse) (siehe HERBST 1962), sind weltweit in vornehmlich stehenden Binnengewässern verbreitet. Zumindest ihre aktiven Stadien atmen ausschließlich und zeitlebens im Wasser (Wasseratmer, BREHM & MEIJERING 1982), schwimmen am Gewässergrund (benthische Lebensweise), im freien Wasserkörper (pelagisch) und auch in ständigem Kontakt mit der Wasseroberfläche (z. B. *Scapholeberis mucronata*) und lassen sich (nach KAESTNER 1963) in zwei Ernährungstypen gliedern, den Partikelfressern und den Raubtieren.

Cladoceren sind relativ kurzlebig und füllen mit ihren einige Wochen umfassenden, temperaturabhängigen Lebensläufen oft zeitlich nur sehr begrenzte Nischen mit günstigen Lebensbedingungen aus, so etwa in arktischen Tümpeln (siehe hierzu MEIJERING 1972, 1979; JACOBI & MEIJERING 1978), unter denen stehende Gewässer verstanden werden, die zwar bis zum Grunde durchfrieren, nicht aber zur Sommerszeit austrocknen können.

Anders als in terrestrischen Ökosystemen, im Meer und in Fließgewässern, wo Energiebilanzen durch von zum Teil weither zugeführter Wärme oder Kälte mitgeprägt werden können, unterliegen stehende Binnengewässer weit mehr den örtlichen Strahlungsbedingungen (HUTCHINSON 1957). Besonders in waldfreien Landschaften, zu denen die arktischen Tundren gehören, akkumulieren Tümpel beträchtliche Mengen eingestrahelter Sonnenenergie und weisen ein sommerliches Temperaturregime auf, das zumeist deutlich über dem der terrestrischen Umgebung liegt. Entsprechend intensiv entfaltet sich tierisches Leben in solchen Gewässern (RAKUSA-SUSZCZEWSKI 1963); es wird insbesondere durch Cladoceren repräsentiert, von denen manche Arten zirkumpolar (holarktisch), andere sogar weltweit (kosmopolitisch) verbreitet sind.

Leichter als langjährige Meßreihen abiotischer Parameter, die in arktischen Gebieten kaum verfügbar sind, lassen sich Organismen zur Indikation von klimatischen Bedingungen in Binnengewässern heranzie-

\* Prof. Dr. Meertinus P. D. Meijering, Fachgebiet Fließgewässerkunde, Fachbereich Landwirtschaft, Gesamthochschule Kassel, Nordbahnhofstr. 1a, D-3430 Witzenhausen.

hen, besonders solche, deren Lebensbedingungen gut untersucht sind; gerade zu letzteren können eine Reihe von Cladoceren-Arten gerechnet werden, zumal die in arktischen Gebieten vornehmlich auftretenden euryöken Formen (MEIJERING 1983).

Nach einer entsprechenden Untersuchung an den Küsten der Strait of Belle Isle (Nordspitze Neufundland und gegenüberliegendes Labrador), wo baumfreie Tundren am weitesten nach Süden vorstoßen (MEIJERING 1983), sollen nunmehr Befunde von der Varanger-Halbinsel mitgeteilt werden, wo in Europa die nördlichste Baumgrenze verläuft, 19° nördlicher als an der Strait of Belle Isle. Die Ergebnisse von Varanger sollen unmittelbar mit denen aus Neufundland, aber auch mit solchen aus der Svalbard-Region (HUSMANN, JACOBI, MEIJERING & REISE 1978) sowie weiterer Gebiete (Grönland, RØEN 1962, 1968 und 1981, Rocky Mountains, ANDERSON 1974, Hebriden -Rhum-, FRYER & FORSHAW 1979, Niederlande -Drenthe-, BEIJERINCK 1931) verglichen werden. Hierbei handelt es sich ausschließlich um klimatisch oder anthropogen bedingt offene Landschaften, aus denen auswertbare Daten über Tümpelbewohnende Cladoceren-Arten vorliegen. Geographisch verteilen sie sich in Europa und Nordamerika über den Bereich vom 49. bis zum 82. Breitengrad Nord.

## 2. DIE TÜMPEL AUF DER VARANGER-HALBINSEL

### 2.1 Die Tümpelplatte am Boal'tonoai'vi

Etwa 16 km (Luftlinie) NNO des Kirchdorfes Nesseby liegt im Einzugsgebiet des Bergebyelva eine Tümpelgruppe, die nach der Topographischen Karte Norge/Norway 1:50 000 (Blatt Oardujav're, 2335 I) auf einem etwa 2 x 2,5 km großen, wellig-stufig vom Boal'tonoai'vi nach SSO von etwa 310 auf 240 m ü. NN abfallenden Hang rund 250 Tümpel enthält. Ihr jeweiliger Durchmesser reicht von etwa 20 bis zu 300 m. Nach SIGMOND, GUSTAVSON & ROBERTS (1984) handelt es sich um spät-präkambriische Ton-schiefer und Tonstein, die den Untergrund der Gewässer bilden. Die Umgebung der Tümpel ist durchgängig mit niedriger Tundrenvegetation bestanden, in der als Brutvogel die Falkenraubmöwe, *Stercorarius longicaudus*, mit Jungen beobachtet wurde. Diese marinen Vögel ernähren sich an ihren Brutplätzen rein

Tümpel Nr.	Leitfähigkeit in $\mu\text{S}/\text{cm } 25^\circ$	pH	Temp $^\circ\text{C}$	Bemerkung
1	19,4	5,6	16	ca. 300 m über NN
2	19,9	4,7	16	ca. 300 m über NN
3	13,6	5,6	14	ca. 300 m über NN und Schneewächte
4	16,3	5,3	16	ca. 300 m über NN
∅∅ 1—4	17,3	5,3	15,5	—
5	17,4	5,7	16	ca. 270 m über NN
6	17,5	5,5	16	ca. 270 m über NN
7	10,9	5,7	15	ca. 270 m über NN
8	11,9	5,7	15	ca. 270 m über NN
∅∅ 5—8	14,4	5,65	15,5	—
9	15,0	5,8	15,5	ca. 240 m über NN
10	8,3	5,9	15,5	ca. 240 m über NN
11	16,1	6,0	15	ca. 240 m über NN
12	16,3	6,0	16	ca. 240 m über NN
∅∅ 9—12	13,9	5,9	15,5	—
13	64,0	6,1	17,5	ca. 20 m über NN
14	155,4	6,6	16,5	ca. 10 m über NN
15	27,8	5,6	14	ca. 320 m über NN
16	26,3	5,8	11	ca. 330 m über NN

Tab. 1: Elektr. Leitfähigkeit, pH-Werte und Temperatur von 12 Tümpeln am Boal'tonoai'vi am 18. Juli 1985, von 2 weiteren Tümpeln nahe der Küste zwischen Vadsø und Vardø am 21. Juli 1985 (13, 14) sowie von 2 Tümpeln am Hanglefjellet am 22. Juli 1985 (15, 16), alle auf der Varanger-Halbinsel.

Tab. 1: Electr. conductivity, pH-values, and temperature of 12 ponds at Boal'tonoai'vi on July 18th, 1985, of 2 further ponds near the coast between Vadsø and Vardø on July 21st, 1985, and of 2 ponds at the Hanglefjellet on July 22nd, 1985, all on Varanger Peninsula.

terrestrisch (u. a. von Lemmingen) und sind auf Gewässer am Brutplatz nicht angewiesen. Weitere Wasservogelarten wurden nicht beobachtet.

Diese Tümpelgruppe wurde am 18. Juli 1985 in der Zeit von 17.30—20.30 Uhr besammelt, und zwar gegen Abend eines sehr klaren Tages und in einem Monat, der später in der Tromsøer Presse als einer der wärmsten des Jahrhunderts gefeiert wurde. Die Anzahl der besammelten Tümpel betrug 12; es wurden je 4 ähnlich große Gewässer in Höhenlagen um 300, um 270 und um 240 m ü. NN ausgewählt. Diese wurden photographiert, ihre Temperatur, pH-Werte (mit nicht blutenden pH-Indikatorstäbchen der Fa. Merck) und Leitfähigkeitswerte (mit Conductometer LF 191 der Fa. WTW) bestimmt sowie gründlich mit einem Planktonnetz (Maschenweite 150 µm) durchgefischt.

Aus Tab. 1 geht hervor, daß es sich um leicht bis mäßig saure Tümpel handelt, die einen extrem niedrigen Elektrolytgehalt aufweisen. Sie erhalten offensichtlich weder aus dem anstehenden Gestein, noch aus biogenen Quellen (etwa Kot von Wasservögeln), eine nennenswerte Zufuhr an Salzen. Dem entsprechen die nur bis in dem mäßig sauren Bereich gefundenen pH-Werte. Bis auf Tümpel 3, in den noch Schmelzwasser einer Schneewächte gelangte, waren die Temperaturen praktisch gleich und insgesamt ziemlich hoch.

### 2.2 Weitere Tümpel der Varanger-Halbinsel

In der Tab. 1 sind 4 weitere Tümpel enthalten, von denen 2 in Küstennähe an der Straße Vadsø-Vardø liegen, und zwar bei Langbunes (13) und Krampenes (14). Diese sind nur sehr schwach sauer und ebenfalls arm an Elektrolyten, wenn auch nicht so extrem wie die Tümpel im hochgelegenen Innern der Halbinsel. Dort liegen 2 weitere Tümpel am Hanglefjellet, Tümpel 15 direkt an der Straße nach Berlevåg, die diesen seit einer Ausbaumaßnahme nunmehr durchschneidet. Dieser Tümpel wurde im Sommer 1970 von Verf. schon einmal besammelt, als noch die alte Straßenführung dem Gewässer auswich. Tümpel 16 liegt unmittelbar am Fuß vom vegetationslosen Steilhang des Hanglefjellet. Beide Tümpel erwiesen sich als mäßig sauer und sehr arm an Elektrolyten. Letzteres ist besonders bei Tümpel 16 bemerkenswert.

Weitere Tümpel wurden lediglich nach Cladoceren abgesucht, und zwar vom Verf. im Sommer 1970 3 Tümpel im auslaufenden Tal des Skonsvikelva, westlich von Berlevåg, in nur geringer Höhe über dem Meere, sowie von OLOFSSON (1917) im Sommer 1913 2 Tümpel bei Svartnes (gegenüber der Vardø-Insel) und 3 auf der Insel Vardø selbst. Rechnet man alle zusammen, so ist die Cladoceren-Fauna der Varanger-Halbinsel aus 24 Tümpeln bekannt. Sie liegen sämtlich jenseits der Baumgrenze.

## 3. DIE CLADOCEREN DER VARANGER-HALBINSEL

### 3.1 Die Cladoceren am Boal'tonoai'vi

In den 12 für repräsentativ erachteten Tümpeln am Boal'tonoai'vi konnten 11 Cladoceren-Arten nachgewiesen werden. Es handelt sich um die beiden räuberischen Formen *Polyphemus pediculus* und *Bythotrephes longimanus*, beide pelagisch jagend, besonders erstere Art aber zusätzlich benthisch; weiterhin um 9 Arten, die zu den Partikelfressern zu rechnen sind, wovon 3 pelagisch (*Bosmina coregoni*\*, *Ceriodaphnia quadrangula* und *Holopedium gibberum*) und 5 benthisch (*Chydorus sphaericus*, *Ophryoxus gracilis*, *Acroperus harpae*, *Alonopsis elongata* und *Eurycercus lamellata*) sowie 1 Art, die der Wasseroberfläche (von unten her) verhaftet ist (*Scapholeberis mucronata*). Ihr Vorkommen in den Tümpeln von Boal'tonoai'vi und an anderen Stellen der Varanger-Halbinsel kann der Abb. 1 entnommen werden.

Aus Abb. 1 geht auch hervor, daß 6 Arten jeweils in Tümpeln aller Höhenlagen, 3 nur in der mittleren und unteren und 2 nur in der unteren Reihe gefunden wurden, d. h. daß die Artenzahl mit zunehmender Höhe abnahm. Dabei waren die auch in der oberen Tümpelreihe vertretenen Arten zugleich die zahlreicheren (von 683 *Bosmina coregoni* bis zu 51 *Acroperus harpae*), während die übrigen Arten z. T. nur spo-

\* (var. obtusirostris)

radisch auftraten (von 91 *Ophryoxus gracilis* bis zu 3 *Scapholeberis mucronata*). Erwähnenswert ist auch *Polyphemus pediculus*, der mit 587 Individuen an zweiter Stelle stand und zudem die meisten Tümpel besiedelte. In Tümpel 1 wurde überhaupt nur *Polyphemus* gefunden.

In Tab. 2 wurden die Anteile der Lebensformtypen in den einzelnen Tümpeln zusammengestellt. Bemerkenswert hoch ist oft der Prozentsatz räuberischer Individuen in den oberen Tümpelreihen. Es handelt sich um einen „grazing effect“, das mehr oder weniger Leerfressen einer Lebensstätte durch eine räuberische Art. Er geht in den beiden oberen Reihen zu Lasten der benthischen und noch stärker der pelagischen Arten, die in 4 Tümpeln überhaupt fehlen. In der unteren Tümpelreihe, wo der Predationsdruck offensichtlich am geringsten war, gab es mehr pelagische als benthische Individuen. Dem entspricht, daß die beiden räuberischen Arten ganz bzw. teilweise pelagisch leben. Zudem zeigt die Tab. 2, daß die Zahl der Cladoceren-Individuen in den unteren 4 Tümpeln deutlich größer ist als in beiden höher gelegenen Tümpelreihen. Fast zu vernachlässigen ist die der Wasseroberfläche verbundene Art, die nur in einem der unteren Tümpel und auch dort nur sporadisch auftrat; diese *Scapholeberis mucronata* wurde, ebenso wie

*Ceriodaphnia quadrangula*, bisher nur am Boal'tonoai'vi auf der Varanger-Halbinsel gefunden (siehe Abb. 1, rechts). Am weitesten auf der Halbinsel verbreitet sind dagegen die pelagische *Bosmina coregoni* und der benthische *Chydorus sphaericus*.

In Ergänzung zu den Aussagen der Abb. 1 und der Tab. 2 seien noch einige weitere ökologische Eigenschaften der die Tümpel am Boal'tonoai'vi besiedelnden Cladoceren-Arten genannt. Bei *Polyphemus pediculus*, *Holopedium gibberum*, *Alonopsis elongata*, *Scapholeberis mucronata* und *Chydorus sphaericus* handelt es sich um ausgesprochen säuretolerante Arten, wobei insbesondere *Holopedium gibberum* auf Kalkarmut angewiesen ist und saubere, O<sub>2</sub>-reiche, auch humussaurer Gewässer (wie auf Urgestein oder Sandboden) bevorzugt und rein planktisch besiedelt (HERBST 1962). Gerade diese Ansprüche finden genannte Arten hier erfüllt (siehe Tab. 1).

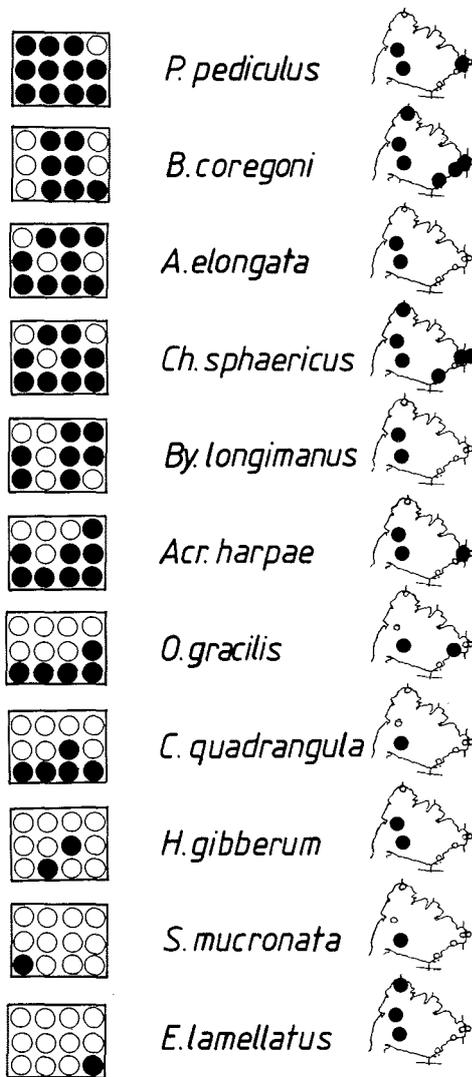


Abb. 1: Vorkommen von 11 Cladoceren-Arten in 12 Tümpeln am Hang des Boal'tonoai'vi (links) und deren Verbreitung auf der Varanger-Halbinsel (Finnmark, Norwegen).

Fig. 1: Occurrence of 11 Cladocera-species in 12 ponds on the slope of Boal'tonoai'vi (left) and their distribution on the Varanger Peninsula (Finnmark, Norway).

Andere aquatische Tierarten als Cladoceren waren zum Zeitpunkt der Absammlung nur ganz untergeordnet in den Tümpeln vertreten. Neben den insgesamt 1944 Cladoceren (in 12 Tümpeln) wurden nur 7 Exemplare von *Branchinecta paludosa* (aus der Unterordnung der Euphyllipoden) (in 4 Tümpeln) und weiterhin 91 Copepoden (eine weitere Ordnung der Crustaceen) gefunden, jedoch überhaupt keine Muschelkrebse (Ostracoden, eine dritte Ordnung der Crustaceen). So waren von im Ganzen 2042 krebsartigen Tieren 95,2% Cladoceren. Hinzu kamen 10 Oligochaeten und 51 Insektenlarven (32 Chironomiden, 1 Culicidae, 3 Limoniiden, also überwiegend Dipteren, sowie 14 Käfer und 1 Trichoptere), sowie 5 Wanzen und 19 Milben. Zählt man alle im Wasser gefundenen Individuen zusammen, so machen die Cladoceren darin immer noch 91,4% aus, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß zahlreiche Insekten, insbesondere Culiciden, zu dieser Jahreszeit bereits aus den Tümpeln ausgeflogen waren. Auffällig war, daß Arten, die gewisse Ansprüche an den Kalkgehalt des Wassers stellen, vollständig fehlten (wie z. B. Ostracoden oder auch Pisidien).

### 3.2 Die Cladoceren der übrigen Tümpel auf der Varanger-Halbinsel

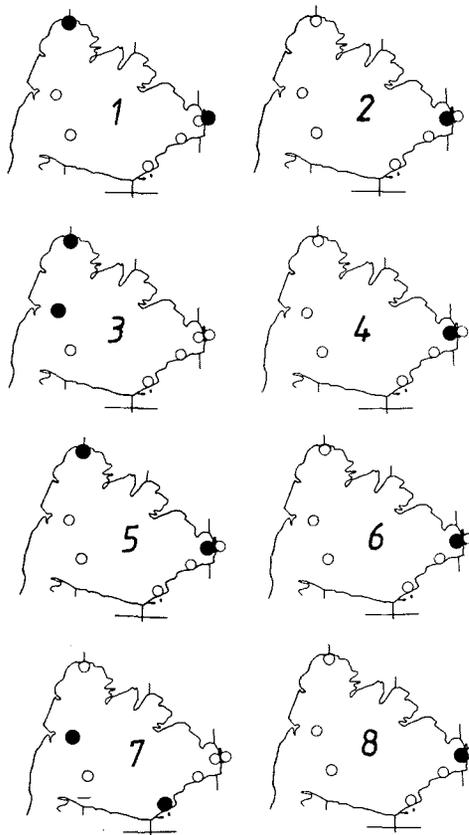
In der Abb. 2 werden weitere 8 jeweils anderenorts auf der Varanger-Halbinsel gefundene Cladoceren-Arten aufgeführt. Sie wurden nur in 2 oder gar nur einem Sammelort gefunden. Es handelte sich um *Daphnia pulex* (1), eine sehr verbreitete, jedoch auf nährstoffreichere Tümpel beschränkte Art, die OLOFSSON (1917) im Bereich der Ortschaft Vardø und in Meeresnähe fand, wie auch der Verf. nahe Berlevåg. Die übrigen sind 4 von OLOFSSON (1917) in zwei Gewässern bei Svartnes gefundene Arten (*Alonella nana*, *Alona quadrangularis*, *Rhynchotalona falcata* und *Peracantha truncata*, Nummern 2, 4, 6 und 8) sowie *Alona affinis* (3), *Alona guttata* (5) und *Alonella exisa* (7). Dabei ist anzumerken, daß der Tümpel Nr. 15 am Hanglefjellet im Sommer 1970 neben den auch im Sommer 1985 angetroffenen Arten *Bosmina coregoni*, *Polyphemus pediculus* und *Chydorus sphaericus* zusätzlich noch *Alona affinis* und *Eurycerus lamellatus* enthielt, die 1985 fehlten. Dagegen waren 1985 die Arten *Bythotrephes longimanus*, *Acroperus harpae*, *Alonopsis elongata* und *Holopedium gibberum* hinzugekommen.

Zur Begleitfauna in diesen Tümpeln sei hervorgehoben, daß im Tümpel 14 auch *Gammarus lacustris* angetroffen wurde, und es war mit Sicherheit auch diese *Gammarus*-Spezies, die von OLOFSSON (1917) bei Svartnes gefunden wurde. Diese beiden Fundpunkte können die norwegische *Gammarus lacustris*-Karte von ÖKLAND (1969) weiter ergänzen. Für die Tümpel 15 und 16 am Hanglefjellet ist bemerkenswert, daß neben den 210 dort gefundenen Cladoceren als weitere Krebstiere dort 1 *Branchinecta paludosa* (in Tümpel 15), 81 Copepoden und 8 Ostracoden auftraten, d. h. die Cladoceren hier nur 70,0% (gegen-

Tümpel Nr.	n	% benth. Clad.	% pelag. Clad.	% Scaph. m.	% räub. Clad.
1	52	0,0	0,0	0,0	100,0
2	100	4,0	26,0	0,0	70,0
3	155	49,7	23,2	0,0	27,1
4	14	21,4	0,0	0,0	78,6
Su. 1—4	321	26,2	19,3	0,0	54,5
5	19	21,1	0,0	0,0	78,9
6	77	0,0	9,1	0,0	90,9
7	114	7,9	26,3	0,0	65,8
8	105	38,1	0,0	0,0	61,9
Su. 5—8	315	16,8	11,7	0,0	71,4
9	400	56,0	8,2	0,8	35,0
10	176	27,8	32,4	0,0	39,8
11	265	25,3	65,3	0,0	9,4
12	467	9,6	74,5	0,0	15,8
Su. 9—12	1308	29,4	46,7	0,2	23,6
Su. 1—12	1944	26,9	36,5	0,2	36,5

Tab. 2: Anteile in % verschiedener ökologischer Typen an der jeweiligen Anzahl von Cladoceren-Individuen (n) in 12 Tümpeln am Boal'tonoai'vi. (benth. = benthische, pelag. = pelagische, Scaph. m. = *Scapholeberis mucronata*, räub. = räuberische).

Tab. 2: Percentages of different ecological types within numbers of Cladocera-individuals (n) in 12 ponds at Boal'tonoai'vi. (benth. = benthic, pelag. = pelagic, Scaph. m. = *Scapholeberis mucronata*, räub. = predatory).



über 95,2% am Boal'tonoai'vi) der Crustaceen ausmachten. Auch wurden in Tümpel 15 4 Pisi-  
dien (Erbsenmuscheln) gefunden, die gemeinsam mit den Ostracoden auf einen hier gerade ausrei-  
chenden Kalkgehalt im Wasser hindeuten.

Abb. 2: Verbreitung von 8 weiteren Cladoceren-Arten auf der Varanger-Halbinsel. Artennamen im Text.

Fig. 2: Distribution of 8 additional Cladocera-species on the Varanger Peninsula. Names of species in the text.

#### 4. CLADOCEREN IN TÜMPELN ANDERER REGIONEN, EIN VERGLEICH

Mit einem statistischen Verfahren, das Dr. J. Brehm (Schlitz) veröffentlicht wird, wurden eigene und andere Veröffentlichungen über Tümpel-bewohnende Cladoceren in verschiedenen geographischen Breiten vergleichbar gemacht. In der Abb. 3 und der Tab. 3 sind die jeweils in einer großen Anzahl von Tümpeln (hier 600) zu erwartenden Artenzahlen aufgeführt, denen in der Tabelle die bisher tatsächlich in Tümpeln dort nachgewiesenen zur Seite gestellt sind. Nach dieser Kalkulation sind übrigens in den ca. 250 Tümpeln am Boal'tonoai'vi 19 Arten zu erwarten, von denen bisher 11 gefunden wurden. Für beide Sammelstellen im Binnenland von der Varanger-Halbinsel errechnen sich zwischen 24 und 25 Arten, von denen bisher 13 gefunden wurden, für die ganze Halbinsel unter Einbeziehung der küstennahen Gebiete in Meereshöhe 32 Arten, von denen bisher 19 bekannt sind.

Die Abb. 3 läßt erkennen, daß in einem hocharktischen Gebiet, das von Thule in NW-Grönland bis zum König-Christian-X-Land in O-Grönland und weiter bis zur Bären-Insel reicht, in Tümpeln nicht mehr als 8 Cladoceren-Arten, an den Küsten des Polarmeeres sogar noch weniger zu erwarten sind. Auf der Varanger-Halbinsel tritt dann abrupt eine bereits recht hohe Zahl auf, die ihre Entsprechung in W-Grönland, dort allerdings nur in der Disko-Region findet. Ansonsten besteht in Grönland ein Gradient bis zur Zahl 23, die dem Hochland der Varanger-Halbinsel entspricht. Höhere Werte ergeben sich in größerer Entfernung vom Pol, so in den anthropogen entwaldeten Heiden der Hebriden-Insel Rhum und den ebenfalls entwaldeten Heiden auf der Geest in der niederländischen Provinz Drenthe, weiter südlich dann

an der Strait of Belle Isle, wo die boreale Tundra ihren südlichsten Punkt in Meereshöhe erreicht, und schließlich in den Rocky Mountains im Bereich verschiedener National Parks. Hier wurden aber nur solche Tümpel berücksichtigt, die oberhalb von 1000 m ü. NN lagen. Bezieht man weitere in Lagen zwischen 1000 und 600 m ü. NN mit ein, bei denen allerdings nicht mehr von offener Landschaft ausgegangen werden kann, so erhöht sich die Zahl der potentiellen Arten von 51 auf 54.

Die Verbreitung von 3 charakteristischen, auf beiden Seiten des Atlantik gemeinen Cladoceren-Arten in den 16 Regionen der Abb. 3 zeigen für *Chydorus sphaericus* Abb. 4, für die räuberische Form *Polyphemus pediculus* die Abb. 5 und für *Ceriodaphnia quadrangula* die Abb. 6. Während *Chydorus sphaericus* bis im nördlichen Ellesmere Island und damit in allen Regionen vertreten ist, fehlt *Polyphemus pediculus* dort, wo die potentielle Artenzahl 8 und weniger beträgt, *Ceriodaphnia quadrangula* zusätzlich dort, wo die Artenzahl 23 und weniger ausmacht. So ist bemerkenswert, daß sie auf dem Hochland der Varanger-Halbinsel noch vorkommt, wo die potentielle Artenzahl zwischen 24 und 25 liegt, also offensichtlich nahe ihrer Verbreitungsgrenze.

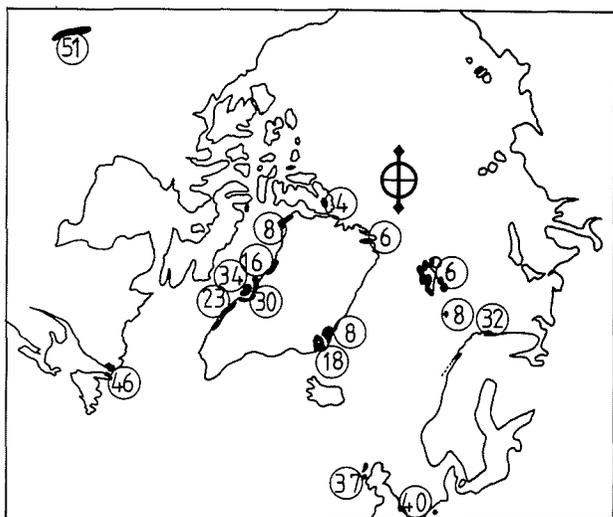


Abb. 3: Potentielle Artenzahlen für Cladoceren in Tümpeln in Gebieten verschiedener geographischer Breite.

Fig. 3: Potential number of species for Cladocera in ponds in areas of different geographical latitude.

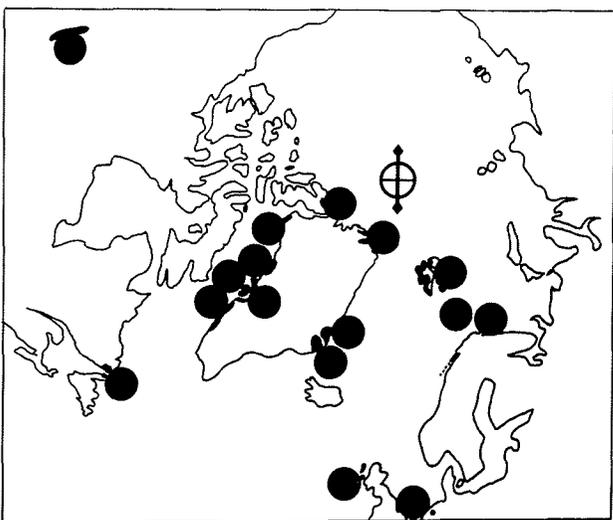


Abb. 4: Verbreitung von *Chydorus sphaericus* in den Gebieten der Abb. 3 (siehe auch Tab. 3).

Fig. 4: Distribution of *Chydorus sphaericus* in the areas of Fig. 3 (see also Tab. 3).

## 5. DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Eine erhebliche Verschiebung von Klimazonen ergibt sich entlang den Breitengraden der nördlichen Hemisphäre; ihr entsprechen Ähnlichkeiten von Landschaften sehr verschiedener geographischer Breiten, wie sie sich im terrestrischen Bereich zumindest bei oberflächlicher Betrachtung darbieten. Ein Beispiel hierfür ist die Ähnlichkeit der Landschaft im Inneren der Varanger-Halbinsel mit derjenigen nahe den Küsten der Strait of Belle Isle (Abb. 7 und 8), die sich wesentlich auf Einflüsse von Meeresströmungen — des warmen atlantischen Golfstroms, der die norwegischen Küsten eisfrei hält, und des kalten Labrador-Stroms, der grönländische Eisberge in die Strait of Belle Isle lenkt — zurückführen lassen. So verläuft die (auf Meeresniveau reduzierte) 0°-Jahresisotherme von Varanger südlich an der Bären-Insel vorbei in das Gebiet des Scoresby Sund in O-Grönland, von dort weiter zum Gebiet um Godthåb in SW-Grönland und schließlich zur Labrador-Küste an der Strait of Belle Isle.

In der Abb. 9 sind die hochgerechneten Artenzahlen von 17 in der Tab. 3 aufgeführten Regionen gegen-

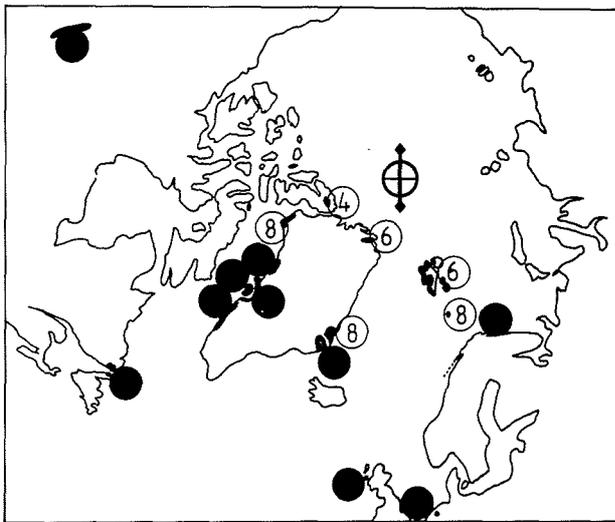


Abb. 5: Verbreitung von *Polyphemus pediculus* in den Gebieten der Abb. 3 (Tab. 3).

Fig. 5: Distribution of *Polyphemus pediculus* in the areas of Fig. 3 (Tab. 3).

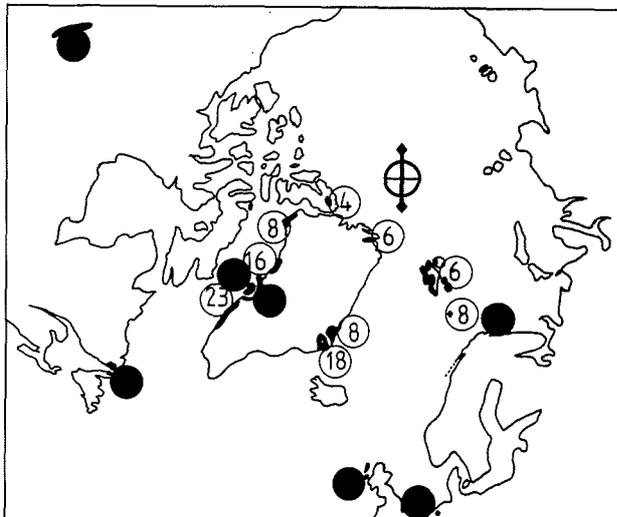


Abb. 6: Verbreitung von *Ceriodaphnia quadrangula* in den Gebieten der Abb. 3 (Tab. 3).

Fig. 6: Distribution of *Ceriodaphnia quadrangula* in the areas of Fig. 3 (Tab. 3).



Abb. 7: Tümpel 7 am Boal'tonoai'vi auf dem Hochland der Varanger-Halbinsel am 18. Juli 1985 gegen 19 Uhr. Position: 70°18' N, 19°01' O (Blickrichtung nach Osten).

Fig. 7: Pond 7 near Boal'tonoai'vi on the highlands of the Varanger Peninsula on July 18th, 1985, at about 7 p. m. Position: 70°18' N, 29°01' E (view to the east).



Abb. 8: Tümpel 3 bei Blanc Sablon (siehe MEIJERING 1983) in Quebec an der Strait of Belle Isle am frühen Vormittag des 19. September 1978. Position: 51°25' N, 57°08' W (Blickrichtung nach Norden).

Fig. 8: Pond 3 near Blanc Sablon (see MEIJERING 1983) in Quebec on the Strait of Belle Isle on the morning of September 19th, 1978. Position: 51°25' N, 57°08' W (view to the north).

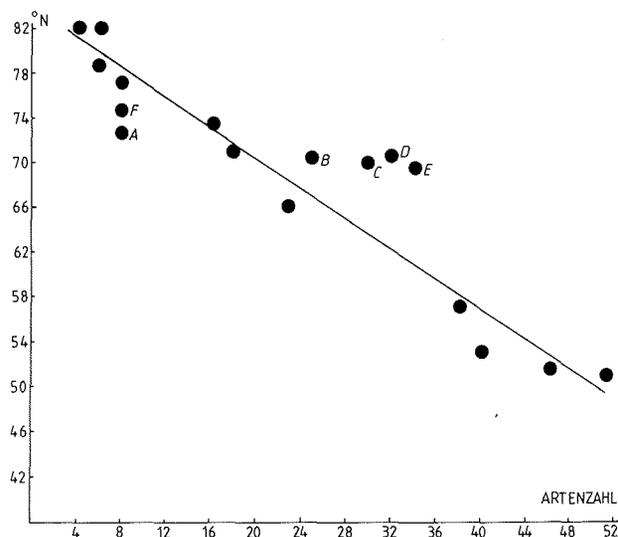


Abb. 9: Potentielle Anzahl von Cladoceren-Arten in Tümpeln in Abhängigkeit von der geographischen Breite. A = König-Christian-X-Land, B = Hochland der Varanger-Halbinsel, C = Küstengebiete der Disko-Bucht (Grönland) ohne Disko-Insel, D = Varanger-Halbinsel (inkl. Küsten), E = Disko-Insel und F = Bären-Insel. Weitere Erklärungen im Text.

Fig. 9: Potential number of Cladocera-species in ponds in relation to geographical latitude. A = King Christian X Land, B = Highlands of the Varanger Peninsula, C = coastal areas of the Disko Bay (Greenland) without Disko Island, D = Varanger Peninsula (incl. coasts), E = Disko Island and F = Bear Island. Further explanations in the text.

über den geographischen Breitengraden aufgetragen. Durch die Kurvenschar wurde eine handgezeichnete Linie gelegt, die in erster Näherung besagt, daß sich die Artenzahlen der Cladoceren in Tümpeln mit zunehmender geographischer Breite kontinuierlich verringern. Stärker abweichende Werte (A—F) bedürfen einer gesonderten Bewertung.

Der Punkt A erscheint relativ niedrig. Er signalisiert ein stärker arktisches Gewässerklima, als es dem Mittel entspräche, welches statt hier im König-Christian-X-Land zwischen 72 und 73 °N erst bei ca. 78 °N zu erwarten wäre. In Abschwächung gilt Ähnliches für Punkt F, der Bären-Insel, die als nebelreich und sonnenarm bekannt ist (hierzu siehe JACOBI & MEIJERING 1978).

Gegenüber dem Mittel erhöht erscheinen die Punkte C und E (Disko-Bucht und Disko-Insel), d. h. sie entsprechen Verhältnissen, wie sie erst 6—8 Breitengrade südlicher üblich sind. Tatsächlich handelt es sich hier, wie die Zahlen der Abb. 3 zeigen, um eine gegen Süden begrenzte Region mit einem begünstigten Gewässerklima. Es könnte mit dadurch bedingt sein, daß zumindest an den Außenküsten Westgrönlands Bewölkung und Nebelbildung nach Süden hin zunehmen, was sich auch in der Vegetation bemerkbar macht (FREDSKILD 1975). Der klimatische Inselcharakter der Disko-Region zeigt sich nur bei wenigen Landpflanzen-Arten in Andeutung, sehr gut aber bei *Callitriche hermaphroditica*, einer submersen Wasserpflanze von Seen und Tümpeln (FOERSOM, KAPEL & SVARRE 1971).

Gleichfalls erhöht sind die Werte B und D (Hochland der Varanger-Halbinsel sowie die Halbinsel insgesamt). Während D um etwa 8° vom Mittel abweicht, d. h. Verhältnissen am 62. Breitengrad gegenübergestellt werden müßte, — ein ähnliches Ausmaß von Abweichung wie bei der Insel Disko — geht die Abweichung im Inneren der Varanger-Halbinsel auf etwa 3° zurück, und zwar, wie aus Abb. 1 ersichtlich, kontinuierlich mit zunehmender Höhe des Geländes über dem Meeresspiegel. Hier sei angemerkt, daß der höchste Tümpel der Bären-Insel, in dem noch Cladoceren gefunden wurden, 146 m ü. NN lag (JACOBI & MEIJERING 1978). Insgesamt stammen die Befunde, die in Abb. 3 und Tab. 3 aufgeführt wurden, durchweg aus nur geringen Höhen über dem Meeresspiegel, mit Ausnahme nur derjenigen aus den Rocky Mountains.

Zu den Verbreitungsgrenzen der Cladoceren-Arten kann angemerkt werden, daß diese nicht nur in abiotischen Milieufaktoren, sondern zusätzlich in der Struktur der Biozönose begründet sein können. Hierfür

liefern die vornehmlich von *Polyphemus pediculus* in den hochgelegenen Tümpeln am Boal'tonoai'vi erzeugten „grazing“-Effekte ein Beispiel.

Eine Untersuchung von 14 Gewässern in Süd-Varanger (SAETHER 1971) ergab 21 Cladoceren-Arten, von denen 13 auch auf der Varanger-Halbinsel gefunden wurden, 7 davon in den Tümpeln am Boal'tonoai'vi. Leider sind die Ergebnisse nicht unmittelbar vergleichbar zu machen, da in Süd-Varanger fast ausschließlich Seen, auf der Halbinsel dagegen Tümpel untersucht wurden. Aus dem gleichen Gebiet beschrieb KLEMETSEN (1970) das Schwärmen von *Bosmina coregoni* und *Polyphemus pediculus*, den in den Tümpeln von Boal'tonoai'vi beiden wichtigsten Arten, die zudem in einem Räuber-Beute-Verhältnis stehen.

Für die Neufundland-Insel wurden bisher 49 Cladoceren-Arten nachgewiesen (DAGGETT & DAVIS 1975, MEIJERING 1983), wobei allerdings stehende Gewässer jeglicher Größe berücksichtigt wurden. RØEN (1977) wies bisher insgesamt 30 Cladoceren-Arten für Grönland nach, erwartet jedoch, daß sich diese Zahl bei weiterer Nachforschung erhöhen ließe. Die sehr ausführlichen Angaben von RØEN (1962, 1968, 1981) über das Vorkommen von Cladoceren in Tümpeln ließen die Auswertung im obigen Sinne zu. Sehr wünschenswert wären ähnliche Auswertungen für die Regionen um Angmangssalik und Südwestgrönland.

Für die Region 21 (sensu ILLIES in Limnofauna Europaea, 2. Aufl. 1978) geben HRBÁČEK, KORÍNEK und FREY (1978) 40 Arten als sicher nachgewiesen und weitere 8 als wahrscheinlich vorkommend an. Im Laufe dieser Untersuchung und dem damit verbundenen Literaturstudium kann diese Zahl nunmehr mit 46 angegeben werden. In Varanger (Süd- und Halbinsel) wurden bisher insgesamt 27 Arten gefunden. Die potentielle Artenzahl für die Varanger-Halbinsel zeigt, daß es innerhalb der Region 21, dem nördlichen Lappland, noch einen recht steilen Gradienten in der Artendiversität geben muß, an dessen Ende die Varanger-Halbinsel selbst liegen dürfte. Ihre höchste Artenzahl erreichen die Cladoceren Europas übrigens in der Region 14 (sensu ILLIES 1978) zwischen Südschweden und dem deutschen Mittelgebirgsrand, von wo aus sie nach Süden hin wieder abnimmt (ILLIES 1966, HRBÁČEK, KORÍNEK & FREY 1978, MEIJERING 1983). Dies bedeutet, daß die handgezeichnete Gerade in Abb. 9 zwar im dargestellten Bereich vertretbar ist, darüberhinaus jedoch nicht beliebig verlängert werden darf.

Gebiet	Breitengrad	Artenzahl	Ch.	P.	C.	Literatur
		kal.	gef.			
Hazen Camp (Ellesmere Island, Can.)	—82	4	3	+	—	RØEN 1981
Peary Land (G)	—82	6	4	+	—	RØEN 1968
Spitzbergen (Svalbard, N)	76.30—80.30	6	5	+	—	HUSMANN et al. 1978
Bären-Insel (Svalbard, N)	—74.30	8	5	+	—	JACOBI & MEIJERING 1978
König-Christian-X-Land (G)	72—73	8	5	+	—	RØEN 1962
Thule-Region (G)	76—78	8	3	+	—	RØEN 1962
Upernavik-Region (G)	72.30—74.30	16	13	+	+	RØEN 1962
Scoresby Sund (G)	70—72	18	11	+	+	RØEN 1962
Holsteinborg-Godthaab-Region (G)	64—68	23	12	+	+	RØEN 1962
Hochland der Varanger-Halbinsel (N)	—70.30	25	13	+	+	diese Studie
Küsten der Disko-Bucht ohne Disko-Insel (G)	69—71	30	13	+	+	RØEN 1962
Varanger Halbinsel (N)	70—71	32	19	+	+	OLOFSSON 1917 u. diese Studie
Disko-Insel (G)	69—70	34	18	+	+	RØEN 1962
Rhum (Hebriden, GB)	—57	37	27	+	+	FRYER & FORSHAW 1979
Dwingeloo'se plassen (NL)	—53	40	17	+	+	BEIJERINCK 1931
Strait of Belle Isle (Neufundland, Can.)	—51.30	46	19	+	+	MEIJERING 1983
Rocky Mountains (Brit. Col./Alta., Can.)	49—53	51	35	+	+	ANDERSON 1974

Tab. 3: Potentielle und tatsächlich gefundene Anzahl von Cladoceren-Arten in waldfreien Gebieten verschiedener geographischer Breiten. (Can. = Kanada, G = Grönland, N = Norwegen, GB = Großbritannien, NL = Niederlande, Ch. = *Chydorus sphaericus*, P. = *Polyphemus pediculus*, C. = *Ceriodaphnia quadrangula*).

Tab. 3: Potential and really found number of Cladocera-species in open areas of different geographical latitudes. (Can. = Canada, G = Greenland, N = Norway, GB = Great Britain, NL = Netherlands, Ch. = *Chydorus sphaericus*, P. = *Polyphemus pediculus*, C. = *Ceriodaphnia quadrangula*).

Die Verbreitung von Cladoceren-Arten in Tümpeln erscheint wesentlich mit der Polhöhe und den damit zusammenhängenden Strahlungsbedingungen korreliert zu sein. Hiervon wird nur relativ kleinräumig und regional abgewichen, sofern besondere meteorologische Verhältnisse die Bedingungen der Sonneneindauer wesentlich verändern.

## DANKSAGUNG

Herrn Dr. J. Brehm (Schlitz) danke ich, seine noch unveröffentlichte Methode zur statistischen Ermittlung potentieller Artenzahlen zur Verfügung gestellt zu haben, mit deren Hilfe Ergebnisse aus diversen Regionen besser verglichen werden konnten. Für technische Hilfe unter schwierigen Bedingungen im Untersuchungsgelände am Boal'tonoai'vi danke ich Monique Hartung (Schlitz) und Geertje Meijering (Schlitz).

## Literatur

- Anderson, R. S. (1974): Crustacean plankton communities of 340 lakes and ponds in and near the National Parks of the Canadian Rocky Mountains. — J. Fish. Res. Board Can. 31: 855—869.
- Beijerinck, W. (1931): Over Eurycerus glacialis Lillj. en andere arctische levensvormen in de plassen der „Dwingeloo'sche Heide“. — De Levende Natuur 36: 238—248.
- Brehm, J. & M. P. D. Meijering (1982): Fließgewässerkunde. — Heidelberg, 311 S.
- Daggett, R. F. & C. C. Davis (1975): Distribution and occurrence of some littoral freshwater microcrustaceans in Newfoundland. — Naturaliste can. 102: 45—55.
- Foersom, T., Kapel, F. O. & O. Svarre (1971): Nunavta naussue — Grønlands Flora i Farver. — København.
- Fredskild, B. (1975): Planteliv. — In: P. Koch, Ed., Grønland, Copenhagen, 312 S.
- Fryer, G. & O. Forshaw (1979): The freshwater Crustacea of Rhum (Inner Hebrides) — a faunistic and ecological survey. — Biol. J. Linn. Soc. 11: 333—367.
- Herbst, H. V. (1962): Blattfußkrebse. — Stuttgart, 130 S.
- Hrbáček, J., Korínek, V. & D. G. Frey (1978): Cladocera. — In: J. Illies, Hg., Limnofauna Europaea, 2. Aufl., Stuttgart, New York, Amsterdam, 532 S.
- Husmann, S., Jacobi, H. U., Meijering, M. P. D. & B. Reise (1978): Distribution and ecology of Svalbard's Cladocera. — Verh. Internat. Verein. Limnol. 20: 2452—2456.
- Hutchinson, G. E. (1957): A Treatise on Limnology. — New York.
- Illies, J. (1966): Die europäische Süßwasserfauna. — Umschau Wiss. Techn. 12: 416.
- Illies, J. (1978): Einleitung. — In: J. Illies, Hg., Limnofauna Europaea, 2. Aufl., Stuttgart, New York, Amsterdam, 532 S.
- Jacobi, H. U. & M. P. D. Meijering (1978): On the limnology of Bear Island (74°30' N, 19° E) with special reference to Cladocera. — Astarte 11: 79—88.
- Kaestner, A. (1963): Lehrbuch der Speziellen Zoologie, Teil I: Wirbellose (2. Halbband). — Jena, 485—1423.
- Klemetsen, A. (1970): Plankton swarms in Lake Gjøkvatn, East Finnmark. — Astarte 3: 83—85.
- Meijering, M. P. D. (1972): Tierische Zeitpläne in aquatischen Lebensräumen. — Natur u. Museum 102: 411—420.
- Meijering, M. P. D. (1979): Life cycle, ecology, and timing of Macrothrix hirsuticornis Norman & Brady (Cladocera, Crustacea) in Svalbard. — Polarforschung 49 (2): 157—171.
- Meijering, M. P. D. (1983): On the occurrence of „Arctic“ Cladocera with special reference to those along the Strait of Belle Isle (Quebec, Labrador, Newfoundland). — Int. Rev. ges. Hydrobiol. 68: 885—893.
- Ökland, K. A. (1969): On the distribution and ecology of Gammarus lacustris G. O. Sars in Norway, with notes on its morphology and biology. — Nytt Mag. Zool. 17: 111—152.
- Olofsson, O. (1917): Süßwasser-Entomostraken und -Rotatorien von der Murmanküste und aus dem nördlichsten Norwegen. — Zool. bidrag. Uppsala 5: 259—295.
- Rakusa-Suszczewski, S. (1963): Thermics and chemistry of shallow freshwater pools in Spitsbergen. — Polskie Arch. Hydrobiol. 11: 169—187.
- Røen, U. I. (1962): Studies on freshwater Entomostraca in Greenland II. Localities, ecology, and geographical distribution of the species. — Medd. Grønland 170 (2): 1—249.
- Røen, U. I. (1968): Studies on freshwater Entomostraca in Greenland III. Entomostraca from Peary Land with notes on their biology. — Medd. Grønland 184 (4): 1—49.
- Røen, U. I. (1977): Revision of freshwater entomostracan fauna in the Thule Area, Angmangssalik Area and Southwest Greenland. — Fol. Limnol. Scand. 17: 107—110.
- Røen, U. I. (1981): Studies on freshwater Entomostraca in Greenland V. The fauna of the Hazen Camp study area, Ellesmere Island, N. W. T., Canada, compared to that of the Thule area, Greenland. — Steenstrupia 7: 321—335.
- Sæther, O. (1971): Phytoplankton and zooplankton of some lakes in Northeastern Norway. — Hydrologie 33: 200—220.
- Sigmund, E. M. O., Gustavson, M. & D. Roberts (1984): Berggrunnskart over Norge-M. 1:1 million — Norges geologiske undersøkelse.