Ber. Naturwiss. Verein Bielefeld u. Umgegend **32** (1991), S. 291-321

Die Verbreitung der epizoischen Ciliaten von *Gammarus pulex* L. im Johannisbachsystem des Ravensberger Hügellandes (Ostwestfalen)

Karl Heinz RUSTIGE, Bielefeld
und
Rolf MANNESMANN, Bielefeld

Mit 12 Abbildungen
und 4 Tabellen

Inhalt Seite

1. Einleitung und Fragestellungen 292
2. Charakterisierung des Untersuchungsgebietes 294
3. Methoden 294
   3.1 Gewinnung und Untersuchung der Gammariden und ihrer Epizoen 294
   3.2 Physikalisch-chemische und biologische Begleituntersuchungen 296
4. Darstellung und Diskussion der Ergebnisse 296
   4.1 Die Verbreitung der Epizoen in den untersuchten Fließgewässerbereichen 296
      4.1.1 Die Einflüsse der Gewässergüte auf die Epizoenfauna 298
      4.1.2 Die Verbreitungsspektren der Epizoen 299
   4.2 Der Indikationswert der Epizoen 306
   4.3 Die saisonale Dynamik der Epizoenfauna 312
5. Zusammenfassung 316
6. Literatur 317

Verfasser:
Karl Heinz Rustige und Prof. Dr. Rolf Mannesmann, Universität Bielefeld, Fakultät für Biologie, Postfach 8640, 4800 Bielefeld 1

1. Einleitung und Fragestellungen

Sessile Ciliaten der drei Ordnungen Peritricha, Chonotricha und Suktoria heften sich mit ihrem Basalteil oder mittels ihres Stieles an einem Substrat fest. Dabei besiedeln die Protozoen nicht nur leblose Substrate und Pflanzen, sondern häufig auch andere Organismen, und zwar vorzugsweise Arthropoden, da deren Chitinpanzer zur Festheftung besonders geeignet ist. Da sie dem Träger keinerlei Schaden zufügen, selbst aber davon profitieren (bessere Sauerstoff- und Nahrungszufuhr etc.), werden entsprechende heterotypische Vergesellschaftungstypen den Karposen, und zwar speziell dem **Symphorismus** bzw. **Epizoismus** zugeordnet (MATTHES 1978; 1982).

Diese epizoische Lebensweise der Ciliaten ist schon seit langem bekannt und auch bereits öfter analysiert worden (KEISER 1921; PRECHT 1935; SOMMER 1950 und die Arbeiten der "Erlanger Schule"). Häufig standen dabei morphologisch-systematische Fragestellugen im Mittelpunkt. Über die Beziehungen der Epizoen zu ihrer "zweiten Umwelt", also den abiotischen und biotischen Verhältnissen des Biotops, ist bislang noch relativ wenig bekannt.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollen daher vor allem die Beziehungen der sessilen Ciliaten zum Biotop Fließgewässer - am Beispiel der Epizoen von *Gammarus pulex* - dargestellt werden.

In der Vergangenheit wurde die Epizoenfauna der Gammariden schon häufiger untersucht. Zunächst galt dabei den Kiemenepizoen der Süßwassergammariden das besondere Interesse (STEIN 1851; HERTWIG 1877; PLATE 1886; PESTEL 1931). Erst in diesem Jahrhundert begann man damit, die gesamte Epizoenfauna der Gammariden zu erforschen. Sie wurde anfangs in umfassende faunistische Untersuchungen mit einbezogen (KEISER 1921; PRECHT 1935; NENNIGER 1948; MATTHES 1950; SOMMER 1950), später dann aber separat untersucht (STILLER 1957; BUCHAR 1959; GOLEMANSKY 1964; FENCHEL 1965; BIERHOF/ROOS 1977; SCHÖDEL 1987). Im Laufe dieser Zeit konnten eine Reihe neuer Ciliatenarten nachgewiesen und die teilweise vorliegenden Mehrfachbeschreibungen korrigiert werden. Das Artenspektrum der auf Gammariden siedelnden Ciliaten ist daher für den europäischen Raum weitgehend bekannt, und es liegen z.T. sehr genaue Artbeschreibungen vor (SCHÖDEL 1983; 1985a; 1985b; 1986; 1987). Genaueres über das in Ostwestfalen vorkommende Artenspektrum siehe RUSTIGE (1990; 1991).

Das Phänomen der Spezialisierung und Anpassung der Epizoen an die mikroökologischen Faktoren der Gammariden wird von FENCHEL (1965), BIERHOF/ ROOS (1977) und SCHÖDEL (1987) intensiver behandelt. Die Autoren konnten nachweisen, daß der Grad der Trägerspezifität und der trägertopographischen Spezifität der Epizoen sehr stark variieren kann.

Über die Verbreitungsmuster und die verbreitungsbestimmenden Faktoren der *Gammarus*-Epizoen liegen bislang verstreut Angaben vor (KEISER 1921; THIENEMANN 1925; 1950; PRECHT 1935; RIEDER 1936; NENNINGER 1948), nur STILLER (1957), FENCHEL (1965) und SCHÖDEL (1987) beschäftigen sich eingehender mit diesem Thema.

Fließgewässer bzw. Fließgewässerbereiche können sich bekanntlich in ihrer Wasserqualität erheblich voneinander unterscheiden. *Gammarus pulex* ist aufgrund einer gewissen Resistenz gegenüber Abwassereinleitungen - Verbreitung in Gewässern der Güteklasse I bis III - und anderer Milieufaktoren ein weit verbreiteter Organismus in Fließgewässern (MEIJERING et al 1974; SCHOLZ/MEIJERING 1975; MEIJERING/PIEPER 1982; 1985; MEIJERING 1987). Aber nicht überall dort, wo *Gammarus pulex* auftritt, treten auch dessen Epizoen auf (THIENEMANN 1925; 1950; STILLER 1957; SCHÖDEL 1987). Es läßt sich vermuten, daß die Verbreitungsmuster der Epizoen nicht identisch sind mit denen des Trägers. In diesem Zusammenhang wären die Fragen zu klären, ob Epizoen an bestimmte Gewässerbereiche gebunden sind, mit welcher Abundanz sie in einzelnen Bachregionen auftreten und welche ökologischen Faktoren ihre Verbreitung regulieren.

Weisen Organismen eine besondere Affinität zu einzelnen Saprobitätsstufen auf, können sie in das Saprobiensystem eingeordnet, d.h. als Bioindikatoren im Rahmen der biologischen Gewässergütebestimmung eingesetzt werden. Bislang wird nur in der Saprobienliste von MAUCH (1976) eine Einordnung von *Dendrocometes paradoxus* - Kiemenbesiedler von Gammariden - vorgenommen, und von THIENEMANN (1925) auf die mögliche Bedeutung der Kiemenbesiedler als Bioindikatoren hingewiesen. Die Frage der Bioindikation wurde von MANNESMANN/RUSTIGE (1991) erneut behandelt.

Die abiotischen und biotischen Verhältnisse eines Fließgewässers unterliegen z.T. starken jahreszeitlichen Schwankungen, denen auch die Epizoen ausgesetzt sind. Sie können sich auf deren Entwicklung auswirken, was zu Veränderungen des Artenspektrums und Abundanzschwankungen führen kann (NENNINGER 1948; BIERHOF/ROOS 1977; SCHÖDEL 1987).

Um die Besiedlungs- und Verbreitungsmuster der Epizoen zu ermitteln, wurden im Rahmen eines größeren Projekts zur Erfassung der Epizoenfauna in Gewässern Ostwestfalens ein Jahr lang Exemplare von *Gammarus pulex* aus verschiedenen Regionen des Johannisbaches, die unterschiedlich stark mit organisch abbaubaren Substanzen belastet waren, untersucht. Die Besiedlungsverhältnisse der Gammariden wurden mit den Daten der gleichzeitig durchgeführten physikalisch-chemischen und biologischen Untersuchungen verglichen.

2. Charakterisierung des Untersuchungsgebietes

Die Untersuchungen wurden von März 1988 - Februar 1989 am Johannisbach durchgeführt.

Der Johannisbach bildet mit seinen Nebenbächen das Johannisbachgewässersystem, das den gesamten westlichen und nordwestlichen Bereich der Stadt Bielefeld sowie den Einzugsbereich der Stadt Werther entwässert.

Die Quellregion im Teutoburger Wald beginnt in Kalkbuchenwäldern sowie Fichtenforsten und führt dann durch landwirtschaftlich nur wenig genutzte Flächen mit Streubesiedlung. Der Zufluß beschränkt sich auf einige Quellbäche (Paderbach, Twellbach etc.). Die anthropogenen Belastungen sind nur gering. Im weiteren Verlauf führt der Johannisbach durch das landwirtschaftlich intensiv genutzte Ravensberger Hügelland.

Die nicht allzu große Wasserführung des Johannisbaches und die nur geringe Abflußmenge seiner Nebenbäche haben zur Folge, daß die Einleitung von geringen Abwassermengen schon zu erheblichen Verschlechterungen der Wasserqualität führt. Dies zeigt sich unter anderem daran, daß die Gewässerqualität des Johannisbaches, die im Quellbereich am Rand des Teutoburger Waldes noch zwischen den Güteklassen I und II liegt, im weiteren Verlauf sehr rasch abnimmt und nach der Einmündung des stark verschmutzten Schwarzbaches - Entwässerung von Werther - nur noch die Güteklasse III erreicht (SPÄH 1979; 1983; STADT BIELEFELD/WASSERSCHUTZAMT 1986; 1987; 1988).

Wegen dieser unterschiedlichen Wasserqualitäten der einzelnen Gewässerabschnitte bietet der Johannisbach besonders günstige Voraussetzungen für eine vergleichende Untersuchung der Epizoenfauna dort lebender Trägertiere.

Die einzelnen Probestellen wurden nach den Kriterien Wasserqualitätsunterschiede und stabile Gammariden-Populationen festgelegt. Das Bachsystem und die Lage der einzelnen Probestellen sind der Abb. 1 zu entnehmen.

3. Methoden

3.1 Gewinnung und Untersuchung der Gammariden und ihrer Epizoen

Das Trägertier *Gammarus pulex* wurde in monatlichen Abständen an den einzelnen Probestellen mit einem Metallsieb gefangen oder mit einer Federstahlpinzette vorsichtig von den Steinen und dem Fallaub abgesucht. Für die Untersuchungen wurden 12 Gammariden ausgesucht, die, um den Faktor Häutungszustand auszuschalten, möglichst groß und dunkel gefärbt oder in der Reiterstellung (Präkopula) anzutreffen waren.

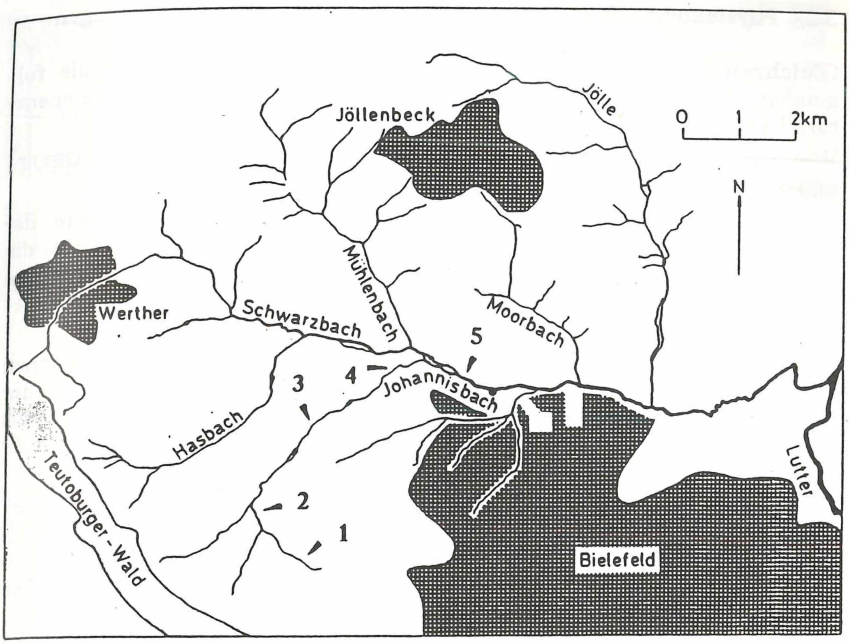


Abb. 1: Das Johannisbachgewässersystem und die Lage der einzelnen Probestellen (nach SPÄH 1983)

Die mikroskopische Bestimmung der Ciliatenarten - in vivo und teilweise mit Methylengrün-Essigsäure-Färbung - wurde nach KAHL (1935), NENNINGER (1948), BIERHOF/ROOS (1977), MATTHES (1982), SCHÖDEL (1987) und MATTHES/GUHL/HAIDER (1988) vorgenommen.

Ciliaten, die nicht zweifelsfrei bis zur Art bestimmbar waren, werden mit spec. a, b ... gekennzeichnet.

Die Zooide der Arten, die einen Krebs mit maximal 50 Zooiden besiedelten, wurden direkt ausgezählt, während die Zooidmenge der Arten mit höheren Besiedlungsdichten mit Hilfe einer siebenstufigen Schätzskala erfaßt wurde. Da die maximale Anzahl der Zooide von Art zu Art sehr stark variieren kann, wurden die einzelnen Schätzstufen jeweils in Relation zur Gesamthäufigkeit einer Art eingesetzt.

3.2 Physikalisch-chemische und biologische Begleituntersuchungen

Gleichzeitig mit der Entnahme der Gammariden wurden auch die folgenden chemisch-physikalischen Faktoren untersucht: Wassertemperatur, Leitfähigkeit, pH-Wert und der aktuelle Sauerstoffgehalt.

Weiterhin wurde der BSB_2-Wert nach den Bestimmungen des DEUTSCHEN EINHEITSVERFAHRENS (1987) ermittelt.

Aufgrund der großen Bedeutung der Bakterien - Nahrungsquelle der Ciliaten und ein Kriterium für die Gewässerbelastung - wurde die Gesamtkeimzahl erfaßt. Dazu wurden die Proben nach standardisierten Methoden mikrobiologisch untersucht (DEUTSCHES EINHEITSVERFAHREN 1983).

Die Ergebnisse der chemisch-physikalischen und der mikrobiologischen Untersuchungen lassen keine Rückschlüsse auf durchschnittliche oder zeitlich längerfristige Zustände zu. Daher wurden zur Bestimmung des Saprobitätsgrades jeweils im Frühjahr/Sommer und im Herbst Aufsammlungen der Makroinvertebraten durchgeführt.

Zur Bestimmung der Makroinvertebraten wurde eine allgemeine Bestimmungsliteratur (ENGELHARDT 1986; STRESEMANN 1981; 1984; 1986; BARNDT/BOHN 1986/87; MEYER 1987) oder spezielle Literatur (FREUDE/HARDE/LOHSE 1971; KLAUSNITZER 1984) verwandt. Die quantitative Auswertung erfolgte durch Angabe der Abundanz der gefundenen Taxa mit Hilfe einer siebenstufigen Schätzskala (LWA 1982). Die Berechnung des Saprobienindex wurde nach der Methode von MARVAN et al (1980) durchgeführt. Die Saprobienindices und Indikationsgewichte der einzelnen Arten sind der Saprobienliste von NAGEL (1989) entnommen.

4. Darstellung und Diskussion der Ergebnisse

4.1 Die Verbreitung der Epizoen in den untersuchten Fließgewässerbereichen

Im Zeitraum von März 1988-Februar 1989 konnten in den untersuchten Bachregionen auf *Gammarus pulex* insgesamt 26 Ciliatenarten - 22 Peritricha, 1 Chonotricha und 3 Suktoria - nachgewiesen werden (RUSTIGE 1990; 1991). Davon traten 8 Ciliatenarten (*Rhabdostyla* spec., *Epistylis niagarae, Vorticella* spec. a und b, *Haplocaulus* spec., *Pseudocarchesium* spec., *Lagenophrys matthesi* und *Trichophrya astaci)* nur sporadisch auf (Gelegenheitsbesiedler). Unter den häufigeren Symphorionten trat eine *Haplocaulus*-Art auf, die vermutlich als Neubeschreibung gelten muß. Da diese Art nur die Pleomeren von *Gammarus pulex* besiedelt, wurde sie hier zunächst als *Haplocaulus "pleomeri"* bezeichnet (Abb. 2 und 3). Zur Beschreibung der einzelnen Arten und deren Verteilung auf *Gammarus pulex* siehe RUSTIGE (1990; 1991).

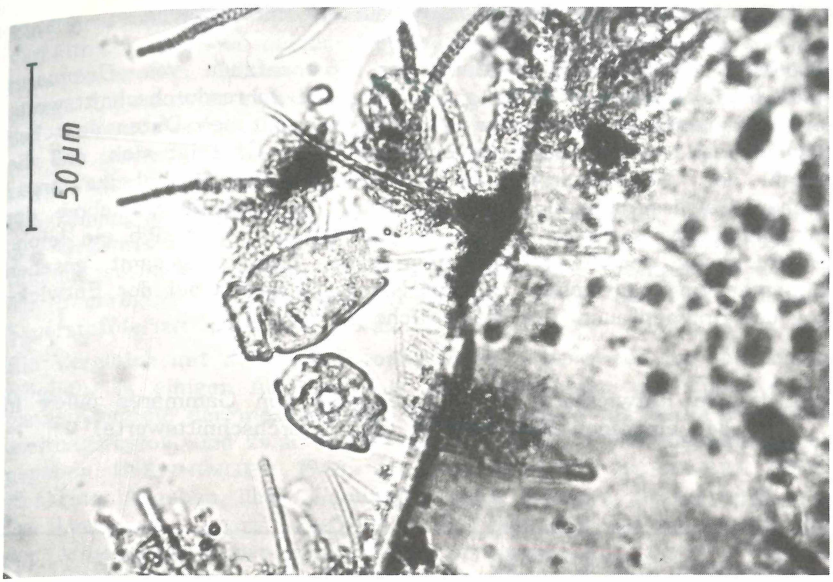


Abb. 2: *Haplocaulus "pleomeri"*

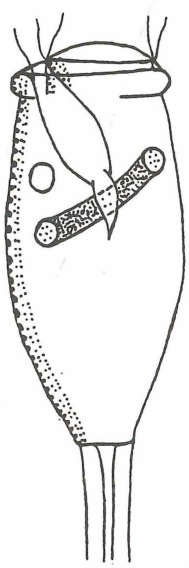


Abb. 3: Schematische Zeichnung von *Haplocaulus "pleomeri"*

4.1.1 Die Einflüsse der Gewässergüte auf die Epizoenfauna

Vergleicht man die Entwicklung der Epizoenfauna von *Gammarus pulex* in den einzelnen Bachregionen, d.h. die Jahresdurchschnittswerte der Artenanzahl und Gesamtbesiedlungsdichte mit den Daten der chemischen und biologischen Untersuchungen (Tab. 1), zeigt sich, daß die Anzahl der Ciliaten arten- und individuenmäßig parallel zur organischen Gewässerbelastung und der damit verbundenen Zunahme der Bakteriendichte ansteigt. Nur an der Probestelle 5 läßt sich ein leichter Rückgang der Artenmenge feststellen. Doch insgesamt gesehen kann man davon ausgehen, daß das Nahrungsangebot bei der Entwicklung der Epizoenfauna eine wesentliche Rolle spielt.

Tab. 1: Die Entwicklung der Epizoenfauna von Gammarus pulex in den einzelnen Bachregionen (Jahresdurchschnittswerte)[1]

Probestelle	1	2	3	4	5
Güteklasse	I-II	II	II	II-III	III
Saprobitätsindex der Biozönose	1.8	2.0	2.0	2.6	2.8
Sauerstoffgehalt [mg/l]	11.5	11.5	11.4	10.3	9.1
Sauerstoffsättigung [mg/l]	99.3	100.2	99.0	90.3	78.8
BSB_2-Wert [mg/l]	1.5	1.8	1.9	2.3	3.3
Bakteriendichte [K/ml]	514	723	789	1556	4918
Artenanzahl	11.3	13.4	13.5	15.8	14.2
Gesamtbesiedlungsdichte [ø Z/G][1]	255	323	373	720	1031

[1] Die Gesamtbesiedlungsdichte wird als durchschnittliche Anzahl der Zooide pro Gammarus [ø Z/G] angegeben.

Eine limitierende Wirkung durch die Verschlechterung der Sauerstoffverhältnisse läßt sich bei der Betrachtung der Gesamtbesiedlungsdichte nicht feststellen. Schaut man sich aber die Entwicklung der Artenmenge an, so zeigt sich hier zwar bei einer geringen Verschlechterung der Sauerstoffverhältnisse zunächst noch ein Anstieg (Probestelle 4), mit der weiteren Erhöhung des Sauerstoffdefizits kommt es jedoch zu einem leichten Rückgang der Artenmenge (Probestelle 5).

Die Abhängigkeit vom Bakteriengehalt führt dazu, daß das Maximum der Gesamtbesiedlungsdichte im Gewässerbereich der Güteklasse III (alphamesosaprob) erreicht wird. Die maximale Artenanzahl tritt in der Bachregion der Güteklasse II-III auf, nimmt bei einem höheren Sauerstoffdefizit dann aber etwas ab.

Ein Vergleich mit den bisher vorliegenden Ergebnissen ist nur bedingt möglich. In einigen Arbeiten über das Vorkommen von Epizoen wird ganz allgemein der mesosaprobe Gewässerbereich als deren Hauptverbreitungsregion, und zwar sowohl arten- als auch individuenmäßig angegeben (NENNINGER 1948; BIEGEL 1954/55; SCHEUBEL 1973). Konkrete Angaben über *Gammarus pulex*-Epizoen liegen nicht vor. Der Untersuchung von SCHÖDEL (1987) läßt sich nur entnehmen, daß das Artenspektrum der Epizoenfauna von *Gammarus roeseli* größer ist als das von *Gammarus fossarum*, d.h. parallel zur Resistenz der Gammariden gegenüber organischer Belastung zunimmt. Leider fehlen aber konkrete Angaben zur Gewässergüte.

Auf eine limitierende Wirkung eines höheren Sauerstoffdefizits weisen HAMMANN (1952) und SCHEUBEL (1973) hin. SCHEUBEL konnte bei Fisch-Epizoen schon bei einem O_2-Gehalt unter 10 mg/l einen Rückgang der Arten- und Individuenanzahl feststellen. HAMMANN (1952) beobachtete bei *Asellus aquaticus*-Epizoen mit steigendem Sauerstoffdefizit einen Artenrückgang, aber eine Zunahme der Individuenzahlen.

Die Entwicklung der Arten- und Individuenmenge hängt vermutlich vom untersuchten Trägertier ab. Die Epizoenfauna von *Gammarus pulex* scheint sich so ähnlich wie die von *Asellus aquaticus* zu entwikkeln. Allerdings deuten die Befunde nur einen Artenrückgang an. Er dürfte bei höheren Sauerstoffdefiziten vermutlich deutlicher ausfallen.

4.1.2 Die Verbreitungsspektren der Epizoen

Die Untersuchung der *Gammarus pulex*-Epizoen hat gezeigt, daß nur wenig Arten auf einzelne Gewässerbereiche beschränkt sind (Tab. 2).

Epistylis anastatica, Carchesium polypinum und *Zoothamnium gammari* treten erst in Gewässerbereichen der Güteklasse II-III auf, und deren Abundanz steigt mit zunehmender organischer Belastung an. Das Auftreten dieser Arten bei hoher Bakteriendichte macht deutlich, daß das Nahrungsangebot als limitierender Faktor angesehen werden kann. Der

Tab. 2: Präsenz und Abundanz der Epizoen von *Gammarus pulex* in den einzelnen Bachregionen (Jahresdurchschnitt) [Ø Z/G][1]

Probestelle	1	2	3	4	5
Güteklasse	I-II	II	II	II-III	III
Saprobitätsindex der Biozönose	1.8	2.0	2.0	2.6	2.8
Sauerstoffgehalt [mg/l]	11.5	11.5	11.4	10.3	9.1
Sauerstoffsättigung [mg/l]	99.3	100.2	99.0	90.3	78.8
BSB_2-Wert [mg/l]	1.5	1.8	1.9	2.3	3.3
Bakteriendichte [K/ml]	514	723	789	1556	4918
Taxon					
Epistylis anastatica	-	-	-	10.8	15.8
Epistylis kolbi/ Intranstylum rhabdostyla	14.0	13.3	17.4	19.8	41.6
Epistylis sommerae	13.1	11.1	12.2	9.7	6.6
Opercularia protecta	-	0.1	1.1	0.6	2.5
Carchesium dipneumon	28.5	38.1	39.4	49.5	58.2
Carchesium polypinum	-	-	-	6.3	14.7
Haplocaulus pleomeri	10.9	13.4	16.1	17.6	21.9
Pseudocarchesium ovatum	1.6	2.2	1.7	1.8	0.8
Pseudocarchesium steini	58.1	73.6	92.3	198.1	278.5
Zoothamnium affine	87.4	106.5	132.5	207.1	189.7
Zoothamnium gammari	-	-	-	150.0	366.6
Ruthiella gammari	1.0	1.6	2.3	2.1	2.3
Lagenophrys ampulla	0.4	4.6	7.5	11.1	13.3
Lagenophrys nassa	4.0	15.7	11.4	14.9	5.4
Spirochona gemmipara	19.5	23.0	20.8	11.1	6.6
Acineta tuberosa	0.6	1.1	1.1	0.7	-
Dendrocometes paradoxus	15.8	17.6	15.9	6.7	4.2

[1] Die Abundanz der einzelnen Epizoen wird als durchschnittliche Anzahl der Zooide pro Gammarus [Ø Z/G] angegeben.

Optimalbereich dieser Arten könnte im alphamesosaproben Bereich liegen, läßt sich aber noch nicht genau angeben, da die Untersuchungen nur bis zur Güteklasse III durchgeführt wurden, was durch die begrenzte Resistenz von *Gammarus pulex* gegenüber organischer Belastung bedingt war. Die Untersuchung der Epizoenfauna von *Gammarus roeseli*, der gegenüber organischer Belastung resistenter ist, könnte hierüber weitere Aufschlüsse liefern.

Auch für *Opercularia protecta* kann sich das Bakterienvorkommen als ein limitierender Faktor erweisen. Allerdings tritt sie schon bei einem geringeren Bakteriengehalt des Gewässers auf, d.h. sie kann bis in Gewässerbereiche der Güteklasse II vordringen. Auf *Acineta tuberosa* wirkt sich ein geringes Nahrungsangebot nicht negativ aus, stattdessen aber vermutlich ungünstige Sauerstoffverhältnisse, da sie in der Güteklasse III auf *Gammarus pulex* nicht mehr zu finden ist. Über den Optimalbereich dieser beiden Arten läßt sich nur wenig aussagen, da die Abundanzwerte zu niedrig sind und damit keine klaren Unterschiede in den einzelnen Bachregionen erkennen lassen.

Eine Bindung an einen Gewässerbereich läßt sich somit für keine Art nachweisen. Das begrenzte Auftreten einiger Epizoen in zwei oder drei Gewässerbereichen macht deutlich, daß deren ökologische Potenz nicht mit derjenigen von *Gammarus pulex* identisch ist. Einige Ciliaten könnten demnach stenopotent sein. Ihre ökologische Potenz gegenüber organischer Gewässerbelastung sowie ihr Optimalbereich lassen sich aber noch nicht endgültig angeben, da nur Gewässerabschnitte bis zur Güteklasse III berücksichtigt werden konnten.

Die weitaus größere Anzahl der Arten ist in allen untersuchten Gewässerbereichen zu finden, d.h. ist eurypotent. Deren Abundanzwerte lassen aber z.T. deutliche Unterschiede erkennen und können dadurch einen Eindruck von der schwerpunktmäßigen Verbreitung dieser Epizoen vermitteln (Tab. 2).

Die durchschnittlichen Abundanzwerte von *Epistylis kolbi, Carchesium dipneumon, Haplocaulus "pleomeri", Pseudocarchesium steini, Zoothamnium affine* und *Lagenophrys ampulla* steigen parallel zur Bakteriendichte an.

Ein kontinuierlicher Anstieg der Abundanzwerte läßt sich bei *Carchesium dipneumon, Haplocaulus "pleomeri"* und *Lagenophrys ampulla* feststellen. Selbst wesentlich günstigere Ernährungsverhältnisse, wie sie an den Probestellen 4 und 5 herrschen, führen nicht zu einer entsprechend besseren Entwicklung. Dies könnte eventuell durch die damit verbundene Verschlechterung der Sauerstoffverhältnisse bedingt sein. Aber auch Konkurrenzeinflüsse könnten eine Rolle spielen (z.B. könnte *Pseudocarchesium steini Lagenophrys ampulla* verdrängen).

Bei *Epistylis kolbi/Intranstylum rhabdostyla* schwanken die Werte an den ersten vier Probestellen nur geringfügig zwischen durchschnittlich 14.0 und 19.8 Z/G. Erst ein wesentlich besseres Nahrungsangebot

scheint sich auf die Entwicklung positiv auszuwirken. Da es sich aber um ein "Artgemisch" handelt, lassen sich keine klaren Aussagen treffen.

Deutlich höhere Abundanzwerte weisen *Pseudocarchesium steini* und *Zoothamnium affine* ab der Probestelle 4 auf. Auf ein deutlich besseres Nahrungsangebot reagieren die Arten mit einer wesentlich beschleunigten Entwicklung. Während bei *Pseudocarchesium steini* die durchschnittliche Abundanz an der Probestelle 5 weiter ansteigt, kommt es aber bei *Zoothamnium affine* zu einem Rückgang. Dieser ist vermutlich nicht durch das höhere Sauerstoffdefizit bedingt, sondern durch Konkurrenzeinflüsse. Denn es lassen sich keine negativen Einflüsse bei den Frequenzwerten erkennen (Tab. 3), so da sich vermuten läßt, daß die explosionsartige Vermehrung von *Zoothamnium gammari*, die hier häufig zu einer Massenbesiedlung führt, die Entwicklungsfähigkeit von *Zoothamnium affine* negativ beeinflußt.

Die ökologische Potenz dieser Epizoen scheint zumindest der von *Gammarus pulex* zu entsprechen. Deren Optimalbereich könnte in alphamesosaproben Gewässern liegen, was sich aber erst noch durch weitere Untersuchungen im polysaproben Bereich bestätigen müßte.

Davon abweichende Verbreitungsmuster lassen sich bei *Epistylis sommerae*, *Spirochona gemmipara*, *Dendrocometes paradoxus* und *Lagenophrys nassa* erkennen. Die ersten drei Arten stellen keine höheren Ansprüche an den Bakteriengehalt bzw. das Ciliatenvorkommen der Gewässer, aber reagieren auf eine Verschlechterung der Sauerstoffverhältnisse mit einer Reduzierung ihrer durchschnittlichen Abundanz. Deutliche Unterschiede weisen deren Abundanzwerte an den ersten drei Probestellen nicht auf, ihr Optimalbereich scheint daher in den Gewässerbereichen der Güteklasse I-II und II zu liegen. *Lagenophrys nassa* reagiert erst bei höheren Sauerstoffdefiziten mit einer Abnahme ihrer Abundanzwerte, stellt dafür aber höhere Ansprüche an den Bakteriengehalt des Gewässers. Ihr Optimalbereich scheint aus diesem Grunde in der Güteklasse II und II-III zu liegen. Deren ökologische Potenz entspricht vermutlich der von *Gammarus pulex* oder ist nur geringfügig geringer.

Die Abundanzwerte von *Pseudocarchesium ovatum* und *Ruthiella gammari* sind zu niedrig, so daß keine deutlichen Unterschiede in den einzelnen Bachabschnitten erkennbar werden. Aussagen über deren Optimalbereich lassen sich daher nicht treffen. Ihre ökologische Potenz entspricht aber vermutlich der von *Gammarus pulex* oder ist etwas kleiner, da sie in allen untersuchten Bachregionen nachgewiesen werden konnten.

Die Verbreitungmuster der Epizoen auf Gammarus pulex lassen deutliche Unterschiede erkennen, die u.a. durch das Nahrungsangebot und die Sauerstoffverhältnisse verursacht werden. Die ökologische Potenz einiger Epizoen gegenüber organischer Belastung kann sich deutlich

von derjenigen von *Gammarus pulex* unterscheiden. Aufgrund einer geringeren Toleranz gegenüber dem Faktor Nahrungsangebot besiedeln z.B. *Epistylis anastatica, Carchesium polypinum* und *Zoothamnium gammari Gammarus pulex* erst in Bachregionen ab der Güteklasse II-III. Die Empfindlichkeit gegenüber Sauerstoffschwund kann eine Besiedlung von *Gammarus pulex* durch *Acineta tuberosa* in der Güteklasse III verhindern. Die ökologische Potenz der meisten Epizoen gegenüber organischen Abwässern scheint sich mit der von *Gammarus pulex* zu decken oder nur wenig kleiner zu sein, sie können sich aber in ihrer schwerpunktmäßigen Verbreitung unterscheiden. Es kann z.B. bei *Pseudocarchesium steini* und *Zoothamnium affine* nahrungsbedingt zu einem deutlichen Anstieg oder z.B. bei *Spirochona gemmipara* und *Dendrocometes paradoxus* bedingt durch Sauerstoffschwund zu einer Abnahme der Abundanzwerte in den einzelnen Bacregionen kommen.

Die Tabelle 3 macht deutlich, daß die mit Hilfe der Abundanzverhältnisse ermittelten Verbreitungsmuster bzw. Optimalbereiche der einzelnen Epizoen durch deren Frequenzwerte[1] nur z.T. bestätigt werden.

Bei *Epistylis sommerae, Spirochona gemmipara* und *Dendrocometes paradoxus*, nehmen die Abundanzwerte analog zur Verschlechterung der Sauerstoffverhältnisse ab; entsprechend verhalten sich die Frequenzwerte. Es läßt sich also der Optimalbereich von Güteklasse I-II und II bestätigen. Der Optimalbereich von *Lagenophrys nassa*, nämlich die Güteklasse II und II-III wird ebenfalls durch die Frequenzwerte bestätigt.

Bei einer Reihe von Arten - *Epistylis kolbi, Carchesium dipneumon, Haplocaulus "pleomeri"* und *Zoothamnium affine* - sind die Frequenzwerte in allen Gewässerbereichen aber relativ konstant, so daß sich daraus nicht ihre Verbreitungsmuster ablesen lassen. Es handelt sich dabei um Arten, deren Abundanzwerte parallel zur Bakteriendichte ansteigen, deren Frequenzwerte bei einem geringen Nahrungsangebot aber z.T. schon so hoch liegen, daß sie wahrscheinlich durch eine Verbesserung der Ernährungsverhältnisse fast kaum noch zu steigern sind (z.B. *Carchesium dipneumon*). Hierbei kann aber eventuell auch die abnehmende Populationsdichte von *Gammarus pulex* eine Rolle spielen, da sich dadurch die Übertragungsmöglichkeiten verschlechtern. Dies deutet sich bei einigen Arten an, bei denen die Frequenzwerte

---

[1] Die Frequenzwerte wurden nach der folgenden Formel berechnet:

$$F = \frac{100 \times b}{a}$$

b = die Anzahl der Gammariden, an denen die betreffende Art gefunden wurde

a = die Gesamtzahl der untersuchten Gammariden

(SCHWERDTFEDER 1975)

Tab. 3: Die Frequenz der Epizoen von *Gammarus pulex* in den einzelnen Bachregionen (Jahresdurchschnitt) [%]

Probestelle	1	2	3	4	5
Güteklasse	I-II	II	II	II-III	III
Saprobitätsindex der Biozönose	1.8	2.0	2.0	2.6	2.8
Sauerstoffgehalt [mg/l]	11.5	11.5	11.4	10.3	9.1
Sauerstoffsättigung [mg/l]	99.3	100.2	99.0	90.3	78.8
BSB_2-Wert [mg/l]	1.5	1.8	1.9	2.3	3.3
Bakteriendichte [K/ml]	514	723	789	1556	4918
Taxon					
Epistylis anastatica	-	-	-	33.3	32.8
Epistylis kolbi/ Intranstylum rhabdostyla	53.5	53.5	52.1	45.8	51.6
Epistylis sommerae	62.5	50.7	56.3	44.4	32.8
Opercularia protecta	-	1.4	7.6	4.9	4.1
Carchesium dipneumon	89.6	90.3	91.7	93.8	90.2
Carchesium polypinum	-	-	-	20.1	33.6
Haplocaulus pleomeri	81.9	84.7	85.4	84.0	85.3
Pseudocarchesium ovatum	18.8	21.5	14.6	18.1	11.5
Pseudocarchesium steini	93.8	90.3	94.4	100.0	100.0
Zoothamnium affine	95.1	91.0	98.6	97.9	100.0
Zoothamnium gammari	-	-	-	63.2	95.1
Ruthiella gammari	18.1	20.1	28.5	21.5	18.0
Lagenophrys ampulla	4.9	27.1	31.3	44.4	46.7
Lagenophrys nassa	29.9	71.5	66.0	66.0	27.1
Spirochona gemmipara	99.3	97.9	99.3	79.9	59.0
Acineta tuberosa	11.8	15.3	18.1	9.7	-
Dendrocometes paradoxus	97.9	99.3	100.0	71.5	46.7

an der Probestelle 5 sogar abnehmen, obwohl deren Abundanzwerte noch zunehmen können (z.B. *Epistylis anastatica, Carchesium dipneumon*) (Tab. 2 und 3).

Die Abundanz- und Frequenzwerte zeigen entweder Parallelen auf oder die Frequenzwerte lassen im Gegensatz zu den Abundanzwerten eine gleichbleibende bzw. negative Entwicklung erkennen. Nur bei *Zoothamnium affine* zeigt der Frequenzwert an der Probestelle 5 eine günstigere Entwicklung an. Dies könnte darauf hinweisen, daß nicht die kritischen Sauerstoffverhältnisse die Entwicklung hemmen, sondern Konkurrenzeinflüsse. Die explosionsartige Zunahme von *Zoothamnium gammari*, die hier zur Massenbesiedlung neigt - was daran deutlich wird, daß sie ihre trägertopograghische Spezialisierung aufgibt und den ganzen Körper von Gammarus pulex besiedelt (RUSTIGE 1990; 1991) - scheint sich negativ auf die Entwicklung von *Zoothamnium affine* auszuwirken.

Zur Charakterisierung der Verbreitungsmuster bzw. der Optimalbereiche der Epizoen sind die Abundanzverhältnisse besser geeignet. Die Frequenzwerte können zwar auch herangezogen werden, aber durch die Einflüsse anderer Faktoren - z.B. der Populationsdichte des Trägertiers - spiegeln sie die Verbreitungsmuster nur unvollständig wider.

Ein Vergleich der vorliegenden Untersuchungsergebnisse mit den Angaben in der Literatur ist nur bedingt möglich, da über die Verbreitung der Epizoen relativ wenig bekannt ist, und die Hinweise oft sehr ungenau sind. Weiterhin liegen so gut wie keine Untersuchungen über die Abundanzverhältnisse der *Gammarus*-Epizoen vor, und es fehlen vielfach konkrete Informationen über die Wasserqualität der untersuchten Gewässer.

Einige einigermaßen vergleichbare Angaben über die obligaten Epizoen, für die hier ein begrenztes Auftreten nachgewiesen werden konnte - *Epistylis anastatica, Zoothamnium gammari, Opercularia protecta* - finden sich bei SCHÖDEL (1987). Diese stimmen teilweise mit den hier gefundenen Ergebnissen überein (z.B. fand SCHÖDEL die ersten zwei Arten nur auf *Gammarus roeseli*, der stärker belastete Gewässern besiedelt).

Vergleichbare Angaben über Allesbesiedler, die bei der Besiedlung von *Gammarus pulex* an bestimmte Gewässerbereiche gebunden sind - *Carchesium polypinum* und *Acineta tuberosa* -, basieren weitgehend auf Untersuchungen mit der Objektträgermethode.

Die Verbreitung von *Carchesium polypinum* - Güteklasse II-III und III - wird ähnlich bei NUSCH (1970), BICK (1972), SLADECEK (1973) und MAUCH (1976) beschrieben. In den betamesosaproben Bachregionen konnte diese Art nicht gefunden werden, weil sie vermutlich in einer so geringen Anzahl dort vorkommt, so daß *Gammarus pulex* nicht besiedelt wird.

Die Angaben über *Acineta tuberosa* sind sehr widersprüchlich. Sie reichen von Funden in oligosaproben bis alphamesosaproben Gewässern (SLADECEK 1973; SCHÖDEL 1987; MATTHES/GUHL/HAIDER 1988). Auf *Gammarus pulex* konnte sie hier nicht im alphamesosaproben Bereich gefunden werden. Dabei scheint es sich aber nicht um die Toleranzgrenze von *Acineta tuberosa* zu handeln, da SCHÖDEL (1987) sie z.B. häufiger auf *Asellus aquaticus* - also auch in alphamesosaproben Gewässern - fand, und SLADECEK (1973) sogar nur die alphamesosaprobe Zone als ihre Verbreitungsregion angibt. Sie könnte eventuell durch die rapide Vermehrung von *Zoothamnium gammari* in diesem Gewässerbereich verdrängt bzw. einfach übersehen worden sein.

Die meisten Epizoen kommen in einem großen Spektrum der Abwasserbelastung vor (Tab. 2), was sich mit den Ergebnissen von STILLER (1957) und SCHÖDEL (1987) im großen und ganzen deckt. Um weitere Informationen über deren Verbreitungsmuster zu erlangen, sind daher besonders Untersuchungen erforderlich, bei denen die Abundanz- und Frequenzverhältnisse berücksichtigt werden.

Für *Zoothamnium affine, Carchesium dipneumon* und *Pseudocarchesium steini* stellte SCHÖDEL (1987) entsprechend den hier gefundenen Werten (Tab. 3) bei der Besiedlung unterschiedlich belasteter Gewässer konstante Frequenzwerte fest. Bei diesen Arten lassen aber die Abundanzwerte mit zunehmender Belastung einen Anstieg erkennen (Tab. 2), was auf eine schwerpunktmäßige Verbreitung im alphamesosaproben Bereich hinweist.

Parallelen ergeben sich beim Vergleich mit der Arbeit von SCHÖDEL (1987) ebenfalls bezüglich der Frequenzwerte von *Lagenophrys ampulla*, die mit zunehmender organischer Belastung zunehmen (Tab. 3). Dies konnte auch durch die Abundanzwerte bestätigt werden (Tab. 2). Die abweichenden Angaben über *Lagenophrys ampulla* von STILLER (1957) könnten eventuell trägerbedingt sein, da sie sich auf die Besiedlungverhältnisse von *Gammarus fossarum* beziehen.

Für *Lagenophrys nassa* gibt SCHÖDEL (1987) bei zunehmender organischer Belastung ebenfalls steigende Frequenzwerte an. Eine ähnliche Entwicklung zeigt sich hier bis zur Güteklasse II-III. In der Güteklasse III kommt es dann aber zu einem Rückgang sowohl der Frequenz- als auch der Abundanzwerte (Tab. 2 und 3). Dies wird vermutlich durch die Sensitivität gegenüber Sauerstoffschwund verursacht, die auch STILLER (1957) in seinen Untersuchungen bei dieser Art beobachten konnte.

Eine Reduzierung der Abundanz- und Frequenzwerte in den Güteklasse II-III und III wurde auch für *Epistylis sommerae, Spirochona gemmipara* und *Dendrocometes paradoxus* festgestellt (Tab. 2 und 3). Entsprechende Sauerstoffdefizit-Empfindlichkeiten bei *Spirochona gemmipara* und *Dendrocometes paradoxus* beobachteten schon KEISER

(1921), STILLER (1957) und SCHÖDEL (1987). Ihr Optimalbereich liegt offensichtlich in den Güteklassen bis II. In stärker belasteten Gewässern besiedeln sie die Kiemen seltener und in geringerer Anzahl.

4.2 Der Indikationswert der Epizoen

Die Indikation der organischen Belastung von Fließgewässern kann mit Hilfe des Saprobiensystems erfolgen. Es handelt sich dabei um ein "Leitarten"- System, in dem Organismen mit einer besonderen Affinität zu bestimmten Saprobitätsstufen zusammengefaßt werden.

Nur wenig Epizoen der Gammariden sind aber nur an eine Saprobitätsstufe gebunden (Kapitel 4.1), d.h. können als "Leitarten" im Sinne des klassischen Saprobiensystems eingestuft werden. *Carchesium polypinum* (Abb. 4) wird von einigen Autoren als "Leitart" der alphamesosaproben Zone eingestuft (BICK 1972; SLADECEK 1973; MAUCH 1976), was durch die Untersuchung der Epizoenfauna von *Gammarus pulex* bestätigt werden kann. Ein ähnliches Verbreitungsmuster wie *Carchesium polypinum* weisen *Epistylis anastatica* (Abb. 5) und *Zoothamnium gammari* (Abb. 6) auf, d.h. sie können ebenfalls als "Leitarten" der alphamesosaproben Zone zugeordnet werden (MANNESMANN/RUSTIGE 1991). Diese Einstufung kann aber zunächst nur für das Trägertier *Gammarus pulex* vorgenommen werden. Für andere Träger stehen die Ergebnisse noch aus. Gültig ist sie auch nur für vergleichbare Strömungsverhältnisse, da eine intensivere Strömung zum Verschwinden dieser langgestielten Arten führen kann (SCHÖDEL 1987).

Die meisten Epizoen von *Gammarus pulex* kommen in allen untersuchten Bachregionen vor, d.h. sind euryök. Sie sind also als "Leitarten", die eng begrenzte Milieubedingungen zeigen, ungeeignet. Die Abundanzwerte dieser Arten lassen aber z.T. deutliche Unterschiede in den einzelnen Saprobitätsstufen erkennen (Kapitel 4.1).

Ein Konzept, das die quantitative Entfaltung der Organismen mit berücksichtigt, ist das der "saprobiellen Valenz". Es ermöglicht auch die Einbeziehung von Organismen in das Saprobiensystem, die in mehreren Saprobitätsstufen auftreten, deren Abundanzwerte aber Präferenzunterschiede erkennen lassen (MARVAN et al 1980; SLADECEK 1982).

Mit Hilfe dieses Konzeptes können außer den oben genannten "Leitarten" auch die Kiemenepizoen von *Gammarus pulex* - *Pseudocarchesium steini* (Abb. 7), *Lagenophrys ampulla* (Abb. 8), *Spirochona gemmipara* (Abb. 9) und *Dendrocometes paradoxus* (Abb. 10) - in das Saprobiensystem eingestuft werden (Tab. 4) (MANNESMANN/RUSTIGE 1991). Für diese Einordnung gelten ebenfalls die oben im Rahmen der "Leitarten" diskutierten Einschränkungen.

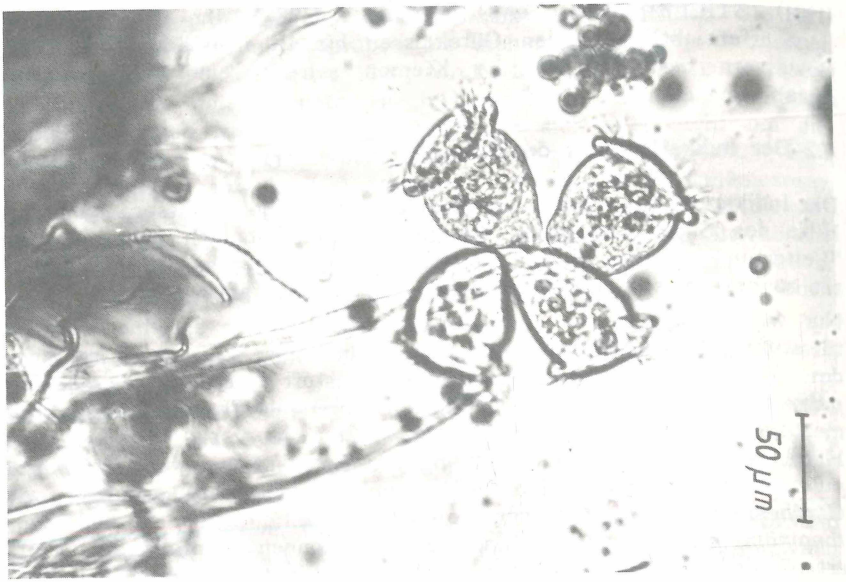


Abb. 4: *Carchesium polypinum*

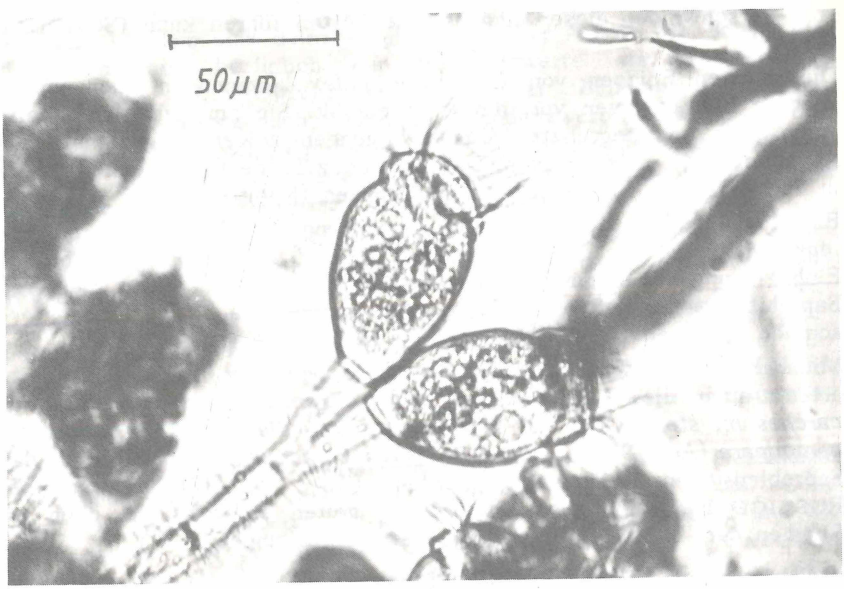


Abb. 5: *Epistylis anastatica*

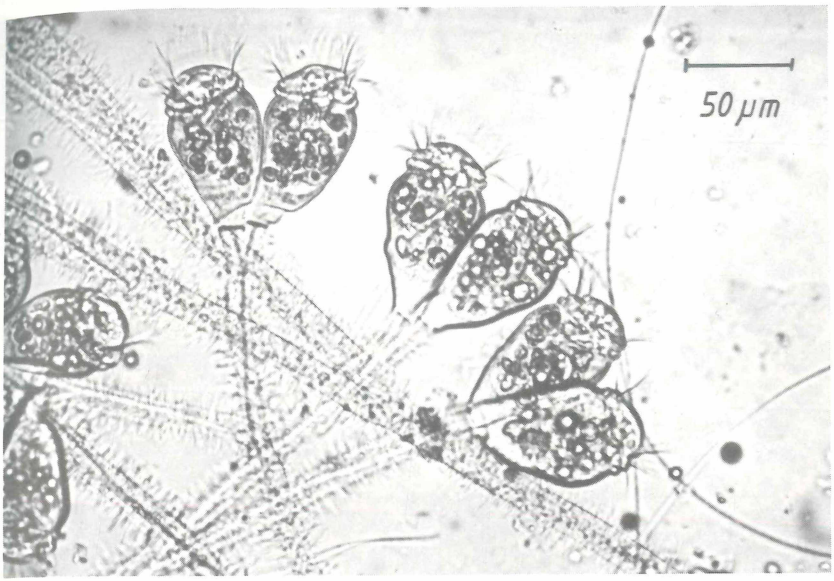


Abb. 6: *Zoothamnium gammari*



Abb. 7: *Pseudocarchesium steini*



Abb. 8: *Lagenophrys ampulla*



Abb. 9: *Spirochona gemmipara*



Abb. 10: *Dendrocometes paradoxus*

Tab. 4: Saprobielle Valenz (10-Punkte-System) für das Spektrum oligosaprob (o), beta-mesosaprob (b), alpha-mesosaprob (a) und polysaprob (p); Saprobitätsindex (s) und Indikationsgewicht (g) einiger *Gammarus pulex*-Epizoen (+ bedeutet, daß die Art vereinzelt auch in diesem Bereich auftreten kann).

Saprobitätsstufe / Taxon	o	b	a	p	s	g
Epistylis anastatica	-	-	10	-	3.0	5
Carchesium polypinum	-	-	10	-	3.0	5
Pseudocarchesium steini	2	2	6	-	2.4	3
Zoothamnium gammari	-	-	10	-	3.0	5
Lagenophrys ampulla	+	3	7	-	2.7	4
Spirochona gemmipara	4	4	2	-	1.8	2
Dendrocometes paradoxus	4	4	2	-	1.8	2

4.3 Die saisonale Dynamik der Epizoenfauna

In Abb. 11 ist die jahreszeitliche Entwicklung der Artenanzahl an den einzelnen Probestellen dargestellt. Den Graphiken lassen sich zwei unterschiedliche Entwicklungsmuster entnehmen. An den ersten drei Probestellen schwankt die Anzahl der Arten im Frühjahr, Sommer und Herbst nur wenig, die Minima treten im November und Dezember auf. Dies wird besonders deutlich an der Probestelle 1, während an den Probestellen 2 und 3 die Anzahl der Arten in den Wintermonaten nicht so stark zurückgeht. An den Probestellen 4 und 5 treten dagegen im Frühjahr, Herbst und Winter geringere Schwankungen der Artenmenge auf, die Minima fallen hier in die Sommermonate Juni, Juli und August.

Die in der Literatur angegebenen Maxima der Ciliaten im Frühjahr und Herbst und die Minima im Sommer und im Winter (SCHEUBEL 1973; BIERHOF/ROOS 1977; SCHÖDEL 1987) lassen sich nur bedingt bestätigen. Es sind zwei vom Gewässertyp abhängige Entwicklungsmuster zu erkennen. In den Bachregionen der Güteklasse I-II und II läßt sich ein Artenminimum nur im Winter, bei der Güteklasse II-III und III nur im Sommer feststellen.

Die Auswertung aller Ergebnisse ergab weiterhin, daß die jahreszeitliche Entwicklung des Artenspektrums nicht durch direkte, sondern durch indirekte Einflüsse der Temperatur - das Nahrungsangebot und die Sauerstoffverhältnisse - reguliert wird, wobei sich z.B. entgegengesetzte Effekte insgesamt aufheben können.
Schaut man sich das jahreszeitliche Auftreten der einzelnen Arten an, so zeigt sich, daß die meisten Ciliatenarten das ganze Jahr über auf *Gammarus pulex* zu finden sind *(Epistylis kolbi, Intranstylum rhabdostyla, Epistylis sommerae, Epistylis anastatica, Carchesium dipneumon, Haplocaulus "pleomeri", Pseudocarchesium steini, Pseudocarchesium ovatum, Zoothamnium affine, Zoothamnium gammari, Ruthiella gammari, Lagenophrys nassa, Lagenophrys ampulla, Spirochona gemmipara* und *Dendrocometes paradoxus).* Bei einigen dieser Arten kann es allerdings - bedingt durch O_2-Mangel (z.B. bei *Epistylis kolbi, Epistylis sommerae, Spirochona gemmipara* und *Dendrocometes paradoxus*) oder zu geringer Bakterienzahl (z.B. bei *Lagenophrys nassa* und *Lagenophrys ampulla*) - in einzelnen Bachregionen zu kurzen Ausfallzeiten kommen. Teilweise lassen sich beim Ausfall einiger Arten keine Korrelationen feststellen. Es scheinen Wechselwirkungen verschiedener ökologischer Faktoren vorzuliegen, die deren Auftreten kurzfristig unterbinden können (z.B. bei *Pseudocarchesium ovatum, Zoothamnium gammari* und *Ruthiella gammari).*

Aus anderen unbekannten Gründen können Arten in allen Bachregionen für kurze Zeit ausfallen (z.B. *Opercularia protecta, Vorticella* div. spec., *Carchesium polypinum, Acineta tuberosa* und *Rhabdostyla* spec.)

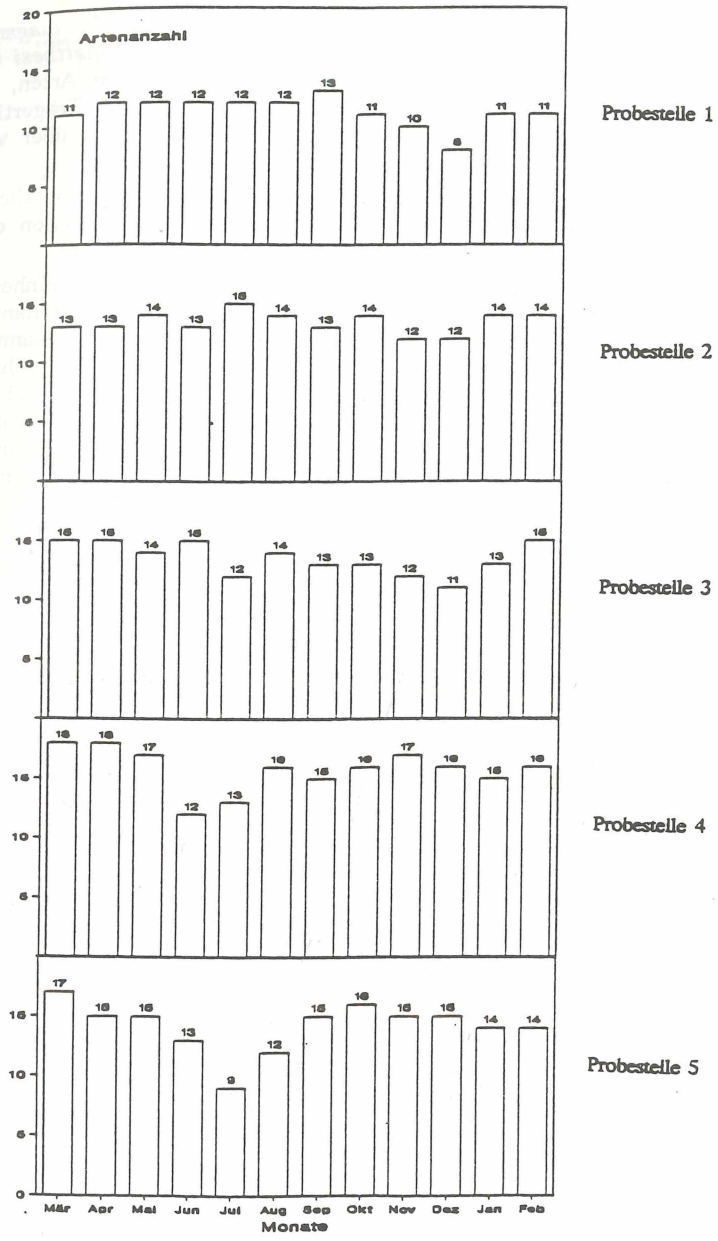


Abb. 11: Die Anzahl der Ciliatenarten im Laufe eines Jahres an den einzelnen Probestellen

oder sogar nur im Frühjahr bzw. Herbst auftreten *(Epistylis niagarae, Haplocaulus* spec., *Pseudocarchesium* spec., *Lagenophrys matthesi* und *Trichophrya astaci)*. Es handelt sich dabei weitgehend um Arten, die sehr unspezialisiert sind. Da sie möglicherweise andere Trägertiere bevorzugen, könnten sie auf ihnen durchaus das ganze Jahr über vertreten sein.

In Abb. 12 ist die jahreszeitliche Entwicklung der durchschnittlichen Gesamtbesiedlungsdichte [Ø Z/G][1] an den einzelnen Probestellen dargestellt.

Es zeigt sich für die ersten drei Probestellen eine ziemlich einheitliche Entwicklung, die ungefähr analog zur Entwicklung der Artenanzahl verläuft. Ein deutlicher Rückgang der durchschnittlichen Gesamtbesiedlungsdichte tritt nur während der Wintermonate auf, d.h. während einer Zeit, in der die Temperaturwerte relativ niedrig liegen und das Bakterienvorkommen sehr gering ist. Nur an der Probestelle 3 kommt es im Winter nicht zu einem so deutlichen Rückgang. Im Juni nimmt hier die Gesamtbesiedlungsdichte aus unerklärlichen Gründen ebenfalls stark ab.

An den Probestellen 4 und 5 weicht das Entwicklungsmuster der durchschnittlichen Gesamtbesiedlungsdichte von dem der Artenanzahl ab (Abb. 11 und 12). An der Probestelle 4 kommt es nicht nur während der Sommermonate, sondern auch in den Wintermonaten zu einer Reduzierung der Gesamtbesiedlungsdichte. Maxima treten im Frühjahr und im Herbst auf, wobei im Frühjahr deutlich höhere Werte erreicht werden. An der Probestelle 5 läßt sich ein Maximum nur im Frühjahr feststellen. Von Juni bis November werden deutlich niedrigere Gesamtbesiedlungsdichten erreicht, die dann langsam bis zum Frühjahr wieder ansteigen.

Der Rückgang der Gesamtbesiedlungsdichte während der Wintermonate an den Probestellen 1-4 korreliert mit einer Abnahme der Temperatur und der Bakteriendichte. Konnten bei der Entwicklung des Artenspektrums direkte Einflüsse der Temperatur ausgeschlossen werden, so kann man annehmen, daß sie bei der Entwicklung der Abundanzverhältnisse durchaus eine Rolle spielen. Denn eine Temperaturerniedrigung führt zu einer Verlangsamung der Wachstumsprozesse, was insgesamt eine Reduzierung der Individuenmenge zur Folge hat. Die davon abweichende Entwicklung an der Probestelle 5 könnte durch ein deutlich höheres Nahrungsangebot und durch die ab November einsetzende Verbesserung der Sauerstoffverhältnisse bedingt sein, so daß die Einflüsse der Temperatur überlagert werden. Insgesamt stabilisierend wirkt sich sicherlich auch die Verlangsamung der Häutungsfrequenz

---

[1] Die Gesamtbesiedlungsdichte wird als durchschnittliche Anzahl der Zooide pro Gammarus [Ø Z/G] angegeben.

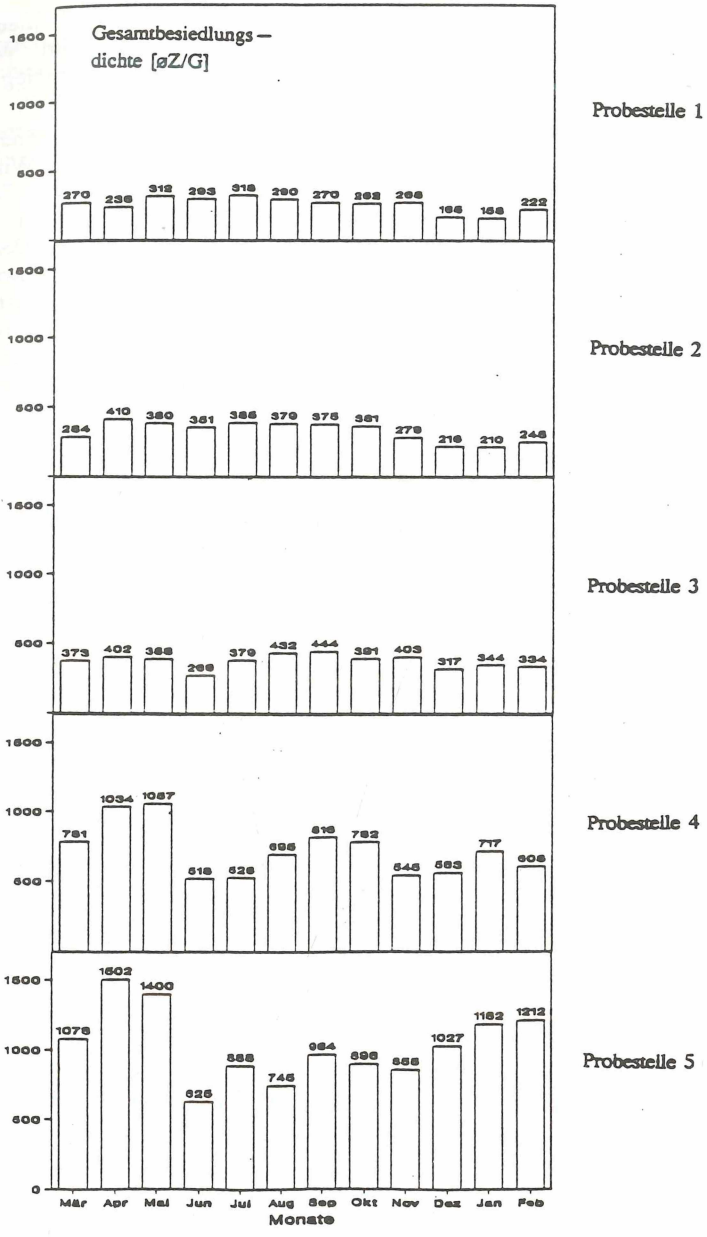


Abb. 12: Die jahreszeitliche Entwicklung der Gesamtbesiedlungsdichte [Ø Z/G] an den einzelnen Probestellen.

der Gammariden auf die Epizoenfauna aus, so daß es trotz niedriger Temperaturen und einer geringen Bakteriendichte schon im Winter (Probestelle 5) bzw. im Frühjahr zu einem leichten Anstieg der Gesamtbesiedlungsdichte kommen kann.

Der drastische Rückgang der Gesamtbesiedlungsdichte während der Sommermonate an den Probestellen 4 und 5 kann auf die Wirkung verschiedener Faktoren zurückgeführt werden. Die ungünstigen Sauerstoffverhältnisse scheinen dabei eine wichtige Rolle zu spielen, denn die Abundanz einiger Arten (z.B. *Spirochona gemmipara, Dendrocometes paradoxus* etc.) nimmt hier stark ab oder sie verschwinden zeitweise sogar ganz, während sie an den ersten drei Probestellen zur gleichen Zeit bei wesentlich besseren Sauerstoffverhältnissen noch mit höheren Individuenzahlen auftreten. Die durch Temperaturerhöhung bedingte Beschleunigung der Häutungfrequenz bei *Gammarus pulex* kann aber ebenfalls von Bedeutung sein. Negativ könnte sich noch die geringe Populationsdichte der Gammariden auswirken, die die Besiedlungsmöglichkeit der Epizoen verschlechtert.

Die Faktorkombination, bestehend aus den kritischen Sauerstoffverhältnissen, der erhöhten Häutungsfrequenz und der geringen Populationsdichte der Gammariden führen in Bachregionen der Güteklasse II-III und III während der Sommermonate zu einer drastischen Reduzierung der Gesamtbesiedlungdichte. Eine günstigere Entwicklung setzt erst mit einer Verbesserung der Sauerstoffverhältnisse und einer Verlangsamung der Häutungsfrequenz ein, was im Gewässerbereich der Güteklasse II-III zu einem zweiten Maximum im Herbst und in der Bachregion der Güteklasse III zu einem leichten Anstieg erst im Winter führt.

In Gewässerbereichen der Güteklasse I-II und II können die negativen Auswirkungen einer höheren Häutungsfrequenz durch günstige Sauerstoffverhältnisse und hohe Populationsdichten der Träger gemildert werden, so daß im Frühjahr, Sommer und Herbst eine fast gleich hohe Gesamtbesiedlungsdichte feststellbar ist.

BIERHOF/ROOS (1977) und SCHÖDEL (1987) fanden maximale Individuenzahlen für Frühjahr und Herbst, was hier nur für die Güteklasse II-III, teilweise auch Güteklasse III nachgewiesen wurde. Auch eine parallele jahreszeitliche Entwicklung von Artenzahl und Abundanz, wie sie die Autoren angeben, konnte hier nur in den Güteklassen I-II und II festgestellt werden.

5. Zusammenfassung

In den untersuchten Bachregionen des Johannisbaches konnten in der Zeit von März 1988 - Febr. 1989 auf *Gammarus pulex* 26 epizoische Ciliatenarten nachgeweisen werden, von denen 18 häufiger und 8 nur

sporadisch auftraten. Von den häufigeren Epizoen ist eine Art in der zugänglichen Literatur bisher noch nicht beschrieben worden. Sie muß wahrscheinlich als neue *Haplocaulus*-Art eingeordnet werden *(Haplocaulus "pleomeri")*.

Es zeigte sich, daß die Verbreitung der Epizoen von der Gewässergüte beeinflußt wird. Dabei spielen die Bakteriendichte - also das Nahrungsangebot - und der Sauerstoffgehalt des Gewässers eine entscheidende Rolle. Sie wirken sich auf die Abundanzverhältnisse und das Artenspektrum der Epizoenfauna aus.

Die einzelnen Symphorionten weisen z.T. recht unterschiedliche Verbreitungsmuster auf, was sich vor allem an ihren Abundanzwerten in den einzelnen Bachregionen manifestiert. Nur wenig Ciliatenarten sind an einzelne Saprobitätsgrade gebunden, können also als "Leitarten" im Rahmen der biologischen Gewässeranalyse dienen *(Epistylis anastatica, Carchesium polypinum* und *Zoothamnium gammari.* Als Bioindikatoren eignen sich aber auch die Kiemenepizoen von *Gammarus pulex (Pseudocarchesium steini, Lagenophrys ampulla, Spirochona gemmipara* und *Dendrocometes paradoxus).*

Die saisonale Dynamik der Epizoenfauna wird vor allem durch indirekte Einflüsse der Wassertemperatur - das Nahrungsangebot, die Sauerstoffverhältnisse und die Häutungsfrequenz der Gammariden - bestimmt, was zu unterschiedlichen Entwicklungsmustern des Artenspektrums und der Abundanzverhältnisse in den einzelnen Bachregionen führt.

6. Literatur

BARNDT, G. & B. BOHN (1986/87): Biologische und chemische Gütebestimmung von Fließgewässern.- Schriftenreihe der Vereinigung Deutscher Gewässerschutz. **53**

BICK, Harmut (1972): Ciliated Protozoa. An illustrated guide to the species used as biological indicators in freshwater biology.- Geneva.

BIEGEL, M. (1954/55): Beiträge zur Peritrichenfauna der Umgebung Erlangens.- Arch. Protistenkd. **100**: S. 153-182.

BIERHOF, M.J. & P.J. ROOS (1977): Sedentary Ciliates from two Dutch Freshwater *Gammarus* spezies.- Bijdr. tot de Dierk. **46 (2)**: S. 151-170.

BUCHAR, J. (1959): Die in der Prager Umgebung auf den Krebsen *Gammarus pulex fossarum* Koch lebende Fauna der Ordnung Peritricha.- Acta Univ. Carol. Biologica. **1**: S. 1-16.

DEUTSCHES EINHEITSVERFAHREN zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung (1983; 1987); GESELLSCHAFT DEUTSCHER CHEMIKER (Hrsg.). Weinheim.

ENGELHARDT, W. (1986): Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher? Pflanzen und Tiere unserer Gewässer in Farbe; eine Einführung in die Lehre vom Leben der Binnengewässer.- Stuttgart.

FENCHEL, T. (1965): On the ciliate fauna associated with the marine spezies of the amphipod genus *Gammarus*.- Ophelia. **2:** S. 281-303.

FREUDE, H. & W. HARDE & G.H. LOHSE (1971): Die Käfer Mitteleuropas.- Krefeld.

GOLEMANSKY, V. (1964): Etude des infusoires epizoaires, constates zur les crustaces du genre *Gammarus* (Rivulogammarus) en Bulgarie.- Izv. zool. Inst. Sofiya. **17:** S. 157-165.

HAMMANN, I. (1952): Ökologische und biologische Untersuchungen an Süßwasserperitrichen.- Arch. Hydrobiol. **47**: S. 177-228.

HERTWIG, R. (1877): Über Bau und Entwicklung der Spirochona gemmipara.- Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft. **11**: S. 149-187.

KAHL, A. (1935): Urtiere oder Protozoa. I: Wimpertiere oder Ciliata (Infusoria). 4. Peritricha und Chonotricha.- In: DAHL, F.: Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile. Teil **30**. Jena.

KEISER, A. (1921): Die sessilen peritrichen Infusorien und Suctorien von Basel und Umgebung.- Rev. Suisse de Zool. **28:** S. 121-241.

KLAUSNITZER, B. (1984): Käfer im und am Wasser.- Wittenberg Lutherstadt.

LANDESANSTALT FÜR WASSER UND ABFALL (LWA) (1982): Richtlinie zur Ermittlung der Gewässergüteklasse.- Düsseldorf.

LUST, S. (1950): Symphorionte Peritriche auf Käfern und Wanzen.- Zool. Jb. (Syst.). **79:** S. 573-640.

MANNESMANN, R. & K.H. RUSTIGE (1991): Epizoic ciliates as biological indicators of freshwater quality. (in Vorb.)

MARVAN, P. & J. ROTHSCHEIN & M. ZELINKA (1980): Der diagnostische Wert saprobiologischer Methoden.- Limnologica. **12:** S. 299-312.

MATTHES, D. (1950): Beiträge zur Peritrichenfauna der Umgebung Erlangens.- Zool. Jb. (Syst.). **79:** S. 437-448.

MATTHES, D. (1978): Tiersymbiosen und ähnliche Formen der Vergesellschaftung.- Stuttgart, New York.

MATTHES, D. (1982): Seßhafte Wimpertiere (Peritricha, Suctoria, Chonotricha).- Wittenberg.

MATTHES, D. & W. GUHL & G. HAIDER (1988): Suctoria und Urceolariidae (Peritricha).- In: MATTHES, D. (Hrsg.): Protozoenfauna Band **7/1.** Stuttgart, New York.

MAUCH, E. (1976): Leitformen der Saprobität für die biologische Gewässeranalyse.- Courier Forschungsinstitut Senckenberg. **21**

MEIJERING, M.P.D. (1987): Die *Gammarus*-Fauna im Pfuhlgraben-Bachsystem bei Wehrda - ein langfristiger Vergleich.- Beitr. Naturkde. Osthessen. 23: S. 71-79

MEIJERING, M.P.D. & A.G.L. HAGEMANN & H.E.F. SCHRÖER (1974): Einfluß häuslicher Abwässer auf die Verteilung von *Gammarus pulex* L. und *Gammarus fossarum* Koch in einem hessischen Mittelgebirgsbach.- Limnologica. **9:** S. 247-259.

MEIJERING, M.P.D. & H.-G. PIEPER (1982): Die Indikatorbedeutung der Gattung *Gammarus* in Fließgewässern.- Decheniana-Beihefte. **26:** S. 111-113.

MEIJERING, M.P.D. & H.-G. PIEPER (1985): Zur Verbreitung von *Gammarus* (Crustacea: Amphipoda) im Fulda-Eder-Abflußgebiet, mit besonderer Berücksichtigung der Bachversauerung.- Mitteilungen aus dem Ergänzungsstudium Ökologische Umweltsicherung. **10**: S. 91-123.

MEYER, D. (1987): Makroskopisch-biologische Feldmethoden zur Wassergütebeurteilung von Fließgewässern.- Hannover.

NAGEL, P. (1989): Bildbestimmungsschlüssel der Saprobien. Makrozoobenthon.- Stuttgart, New York.

NENNINGER, U. (1948): Die Peritrichen der Umgebung von Erlangen mit besonderer Berücksichtigung ihrer Wirtsspezifität.- Zool. Jb. (Syst.). **77:** S. 169-266.

NUSCH, E.A. (1970): Ökologische und systematische Untersuchung der Peritricha (Ciliata, Protozoa) im Aufwuchs von Talsperren und Flußstauen mit verschiedenem Saprobitätsgrad.- Arch. Hydrobiol. **37**: S. 243-386.

PESTEL, B. (1931): Beiträge zur Morphologie und Biologie des *Dendrocometes paradoxus* Stein.- Arch. Protistenkd. **75**: S. 403-471.

PLATE, L. (1886): Untersuchungen einiger an den Kiemenblättern des *Gammarus pulex* lebender Ektoparasiten.- Z. wiss. Zool. **43:** S. 175-241.

PRECHT, H. (1935): Epizoen der Kieler Bucht.- Nova Acta Leopoldina. **3:** S.405-474.

RIEDER, J. (1936): Biologische und ökologische Untersuchungen an Süßwasser-Suktorien.- Arch. Naturgesch. **5:** S. 137-214.

RUSTIGE, K.H. (1990): Untersuchungen zur Ökologie der Epizoen (Ciliata) von *Gammarus pulex* L. in Fließgewässerbereichen mit unterschiedlichem Saprobitätsgrad.- Examensarbeit. Universität Bielefeld.

RUSTIGE, K.H. (1991): Eine Bestimmungshilfe für die epizoischen Ciliaten der einheimischen Gammariden.- Ber. Naturwiss. Verein Bielefeld u. Umgegend **32**, S. 263-290

SCHEUBEL, H. (1973): Die sessilen Ciliaten unserer Süßwasserfische unter besonderer Berücksichtigung der Gattung *Apiosoma* Blanchard.- Zool. Jb. (Syst.). **100:** S. 1-63.

SCHOLZ, E. & M.P.D. MEIJERING (1975): Vergleichende Untersuchungen zur Abwasserresistenz von *Gammarus pulex* L. und *Gammarus roeseli* Gervais in osthessischen Fließgewässern.- Beitr. Naturkde. Osthessen. **9/10**: S. 81-85.

SCHWERDTFEGER, F. (1975): Ökologie der Tiere. Band 3: Synökologie.- Hamburg/Berlin.

SCHÖDEL, H. (1983): Drei neue Peritriche von Gammariden.- Arch. Protistenkd. **127**: S. 115-126.

SCHÖDEL, H. (1985a): Epizoische Einzeller auf Flohkrebsen (1. Die Kiemenbewohner).- Mikrokosmos. **74 (8):** S. 225-230.

SCHÖDEL, H. (1985b): Epizoische Einzeller auf Flohkrebsen (2. Besiedler der Gammaridenbeine).- Mikrokosmos. **74 (9)**: S. 269-273.

SCHÖDEL, H. (1986): Epizoische Einzeller auf Flohkrebsen (3. Besiedler der Coxalplatten und der Mundwerkzeuge).- Mikrokosmos. **75 (1):** S. 5-11.

SCHÖDEL, H. (1987): Seßhafte Wimpertiere (Peritricha, Chonotricha, Suctoria) auf *Asellus aquaticus* und Gammariden.- Limnologica. **18:** S. 83-166.

SLADECEK, V. (1973): System of Water Quality from the Biological Point of View.- Arch. f. Hydrobiol., Beih. Ergebn. Limnol. **7:** S. 1-218.

SLADECEK, V. (1982): Kenntnisstand und aktuelle Probleme bei der Beurteilung der Wassergüte mittels Bioindikatoren.- In: BICK, H. (Hrsg.): Bioindikatoren: Ergebnisse des Symposiums: Tiere als Indikatoren für Umweltbelastungen. Decheniana-Beih. **26:** S. 99-104.

SOMMER, Gertrud (1950): Die peritrichen Ciliaten des Großen Plöner Sees.- Arch. Hydrobiol. **44:** S. 349-440.

SPÄH, H. (1979): Ökologische Untersuchungen an organisch belasteten Bächen im Stadtbereich Bielefeld.- Ber. Naturwiss. Verein Bielefeld u. Umgegend **24**: S. 3-410.

SPÄH, H. (1983): Zur Verbreitung und Ökologie der Makroinvertebratenfauna in Fließgewässern des westlichen Teutoburger Waldes.- Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen Nr. **3161**, Fachgruppe Umwelt/Verkehr, Opladen.

STADT BIELEFELD, WASSERSCHUTZAMT (1986; 1987; 1988): Gewässergütebericht 1985; 1986; 1987. Bielefeld.

STEIN, F. (1851): Neue Beiträge zur Kenntnis der Entwicklungsgeschichte und des feineren Baus der Infusionstiere.- Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. **3:** S. 475-509.

STILLER, J. (1957): Zur Biologie und Verbreitung der Protozoen und Crustaceenfauna eines Mittelgebirgsbaches in Ungarn.- Arch. Hydrobiol. **53:** S. 395-424.

STRESEMANN, E. (1981; 1984; 1986): Exkursionsfauna, Wirbellose 1, 2/1 und 2/2.- Berlin.

THIENEMANN, A. (1925): Ein empfindlicher Indikator für Veränderungen im Chemismus der Binnengewässer.- Die Naturwissenschaften. **13:** S. 868-869.

THIENEMANN, A. (1950): Die Binnengewässer. Einzeldarstellungen aus der Limnologie und ihrer Nebengebiete.- Band XVIII. Stuttgart.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte des Naturwissenschaftlichen Verein für Bielefeld und Umgegend

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: 32

Autor(en)/Author(s): Rustige Karl Heinz, Mannesmann Rolf

Artikel/Article: Die Verbreitung der epizoischen Ciliaten von Gammarus pulex L. im Johannisbachsystem des Ravensberger Hügellandes (Ostwestfalen) 291-321