

Thermopräferenz, Schwimmaktivität, Mortalität und Häutungsfrequenz von *Gammarus fossarum* und *Gammarus roeselii* in Abhängigkeit von Temperaturschocks

Eleonore Schwedhelm

The effect of alternating temperature shocks on thermopreference and swimming activity of *Gammarus fossarum* KOCH 1835 and *G. roeselii* GERVAIS 1835 was investigated by using a self-made temperature gradient apparatus. Mortality and moulting frequency were also studied. Especially in winter *G. fossarum* showed obvious changes in thermopreference and moulting frequency. The thermopreference of *G. roeselii* was evidently not changed. This species replied to the thermal shock by increasing mortality and moulting frequency in summer or abnormal swimming behaviour in winter. Its reaction to the thermal shocks was stronger than with *G. fossarum*. It should be considered that *G. roeselii* normally lives in water in which thermal shocks appear as a consequence of cooling-water discharge.

Gammarus, thermopreference, swimming activity, mortality, moulting frequency, alternating temperature, thermopollution.

1. Problemstellung

Unsere Fließgewässer werden in zunehmendem Maße chemisch, vor allem aber auch thermisch belastet. Beim Problem der Wärmebelastung wurden bisher meist nur Temperaturerhöhungen als Störfaktoren angesehen und die Wirkung der Erhöhungen auf die betroffenen Organismen untersucht (APPOURCHAUX 1971, ASTON 1973, ASTON & BROWN 1975, CAIRNS et al. 1972, DETERS 1972, GINN et al. 1974, LANGFORD 1975, LANGFORD & DAFFERN 1975, NEBEKER 1971, RUIEPER 1978, SMITH 1973, WENZEL 1978).

Nach Ansicht einiger Autoren (ELSTER 1968, FEY 1977, FEY & SCHUMACHER 1978) haben Temperaturschocks, u. a. bedingt durch das An- und Abschalten von Kraftwerken, jedoch "viel verheerendere Folgen" als reine Temperaturerhöhungen.

Zur Klärung dieser Meinungen wurden zwei *Gammarus*-Arten hinsichtlich einer Veränderung ihres Thermopräferenz- und Schwimmaktivitäts-Verhaltens sowie ihrer Mortalitäts- und Häutungsraten während eines 22-tägigen Aufenthaltes in schockartig wechselnden Temperaturen im Winter 1978/79 und im Sommer 1979 untersucht.

2. Material, Methoden und Definitionen

Untersucht wurden *Gammarus roeselii* GERVAIS 1835, dessen Habitat die kraftwerksbeeinflussten Potamalbereiche der mitteleuropäischen Fließgewässer, aber auch Seen und stehende Gräben sind, und zum Vergleich *G. fossarum* KOCH 1835, der in schnell fließenden Mittelgebirgsbächen lebt. (Fundquellen: Gewässer aus der Umgebung von Bonn und aus der Eifel.) Die Tiere wurden vor jeder Untersuchungsreihe frisch gefangen und unter natürlichen Klimabedingungen im Freien gehältert (SCHWEDHELM 1979). In die Versuche kamen nur erwachsene Männchen.

Nach Ermittlung des Thermopräferenz- und Schwimmaktivitäts-Verhaltens beider Arten wurden die Tiere folgenden Wechseltemperaturen ausgesetzt: Winter (Dezember 1978 - Januar 1979) für beide Arten Wechseltemperatur von 2°C und 12°C (je 12 h lang); Sommer (Juli - August 1979) für *G. roeselii* Wechseltemperatur von 20°C und 30°C (je 12 h lang) und für *G. fossarum* Wechseltemperatur von 12°C und 22°C (je 12 h lang). Über einen Zeitraum von 22 Tagen fand eine dreimalige Überprüfung von Thermopräferenz und Schwimmaktivitäts-Verhalten statt. Für die Versuche wurde eine selbstgebaute Temperaturorgel verwendet (SCHWEDHELM 1979). Bei den Thermopräferenzversuchen wurden die prozentuale Verteilung der Tiere in einem bestimmten Gradienten, sowie Mittelwert und Standardabweichung der gewählten Temperaturen ermittelt (Signifikanz mit t-Test, SACHS 1978).

Für die Schwimmaktivitätsuntersuchungen wurden vier Aktivitätsstufen definiert, die Verteilung der Stufen über einen Temperaturbereich von 0-30°C ermittelt und die Ergebnisse über ein spezielles Umrechnungsverfahren in %-Aktivität ausgedrückt. Dabei zeigen die Tiere in der Aktivitätsstufe 1 keine Ortsveränderung. Auf mechanische Reize reagieren sie nicht oder kaum; sie verändern auf jeden Fall nicht ihren Aufenthaltsort. Ein Unterschied des Verhaltens im unteren und oberen Temperaturbereich ist nicht festzustellen. Bei noch extremeren Temperaturen erfolgt der Wärme- oder Kältetod. Verminderte Aktivität zeigen die Tiere in Aktivitätsstufe 2. Dies äußert sich bei niedrigen Temperaturen in geordneten, aber langsamen Bewegungen und im langsamen Wegschwimmen von einer mechanischen Reizquelle; in hohen Temperaturen zeigen die Tiere bei mechanischen Reizen ungeordnete, hastige Bewegungen, um gleich darauf wieder zur Ruhe zu kommen.

Aktivitätsstufe 3 bedeutet normale Aktivität, d. h. Durchschwimmen der Wassersäule mit konstanter Geschwindigkeit oder Ruhen an der Gefäßwandung. Schnelle, aber nicht hastige Reaktionen auf Reize. Die Aktivitätsstufe 4 äußert sich in gesteigerter Aktivität und Ruhelosigkeit. In Zick-Zack-Läufen durchqueren die Tiere das Versuchsgefäß, kommen aber immer wieder zur Ruhe, so daß eine Aktivität von 100 % nie erreicht wird. Im einzelnen entsprechen die Stufen folgenden Prozentwerten: 1-2 : 0-30 %; 2-3 : 30-60 %; 3-4 : 60-90 %; 4 : 90 % (näheres s. SCHWEDHELM 1979).

Die Signifikanzverhältnisse konnten mit einer an anderer Stelle beschriebenen Methode festgestellt werden (SCHWEDHELM 1979).

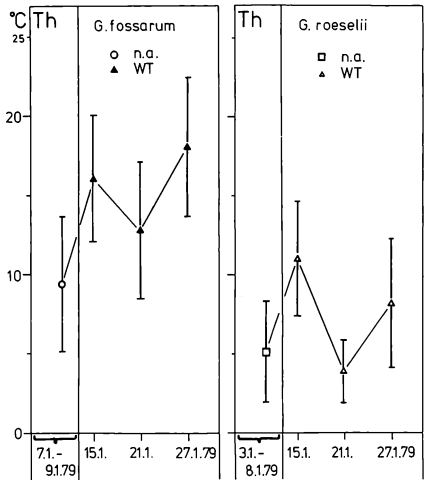


Abb. 1: Mittelwerte und Standardabweichungen der Thermopräferenda von *Gammarus fossarum* (links) und *G. roeselii* (rechts; jeweils nur Männchen) nach verschiedenem langem Aufenthalt in WINTER-Wechseltemperaturen (WT; 2 und 12°C). Im Vergleich dazu sind in der jeweils linken Spalte unter "Th" die Werte der im Freien gehälterten (n. a.) Tiere angegeben.

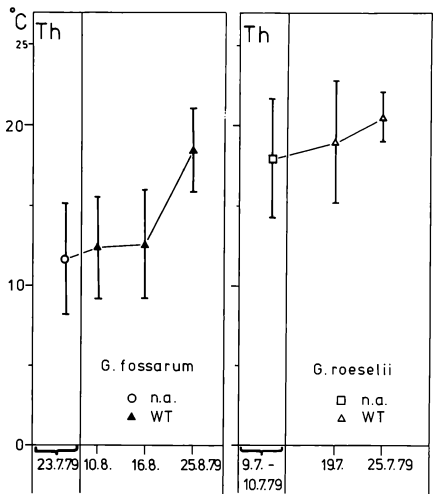


Abb. 2: Mittelwerte und Standardabweichungen der Thermopräferenda von *Gammarus fossarum* (links) und *G. roeselii* (rechts; jeweils nur Männchen) nach verschiedenem langem Aufenthalt in SOMMER-Wechseltemperaturen (WT; 12 und 22°C für *G. fossarum*; 20 und 30°C für *G. roeselii*). Im Vergleich dazu sind in der jeweils linken Spalte unter "Th" die Werte der im Freien gehälterten Tiere (n. a.) angegeben.

3. Thermopräferenz und Schwimmaktivität bei Wechseltemperaturen im Winter und Sommer

Ganz allgemein weist sowohl die Thermopräferenz als auch das Schwimmaktivitätsverhalten beider Arten eine mehr oder weniger große jahreszeitliche Abhängigkeit auf, wie schon durch Untersuchungen im Jahre 1978 festgestellt werden konnte (SCHWEDHELM 1979).

Die mittlere Präferenztemperatur von *G. fossarum* liegt im Winter bei ca. 10°C, im Sommer bei ca. 12°C, die von *G. roeselii* im Winter bei ca. 5°C, im Sommer bei ca. 18°C. Während nun im Winter nach 6 Tagen Aufenthalt in Wechseltemperaturen die mittlere Vorzugstemperatur beider Arten deutlich höher liegt und schließlich nach 12 Tagen Wechseltemperaturaufenthalt auf das Niveau vor der Temperaturbehandlung zurückfällt (Abb. 1), verändert sich bei beiden Arten im Sommer während der ersten beiden Versuchsreihen kaum etwas im Verteilungsmuster der Tiere über den Gradienten (Abb. 2); es ist lediglich eine ansteigende Tendenz der bevorzugten Temperaturen zu beobachten.

Bei der dritten Versuchsreihe (die für *G. roeselii* im Sommer ausfällt - hier 100 %ige Mortalität bereits nach 13 Tagen) finden wir bei *G. fossarum* im Sommer und Winter ein ähnliches Verhalten: er sucht Temperaturen auf, die an seiner oberen Toleranzgrenze liegen (Abb. 1 und 2). Dieser "overshoot" (PRECHT et al. 1973) läßt sich mit der schon oft beobachteten Hitzeresistenz durch ansteigende bzw. wechselnde Hälterungstemperaturen vergleichen (APPOURCHAUX 1971, BASEDOW 1969,

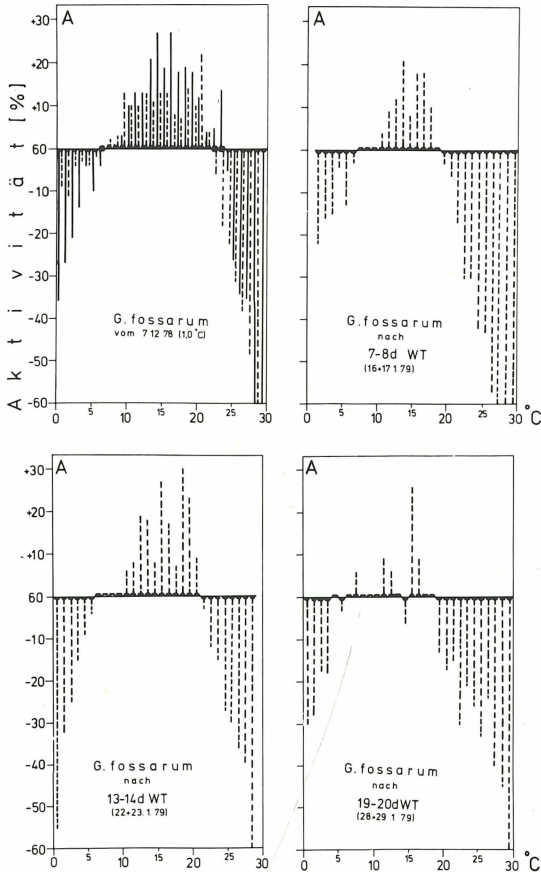


Abb. 3: Schwimmaktivität (in %; Abweichung von 60 % = Null-Linie) von *Gammarus fossarum*-Männchen im WINTER.

Oben links Aktivitätswerte vor, oben rechts und unten nach verschieden langem Aufenthalt der Tiere in Winter-Wechseltemperaturen (WT; 2 und 12°), in Abhängigkeit von der Temperatur.

Es gelten nur die gestrichelten Linien; die ausgezogenen Linien oben links sind ohne Bedeutung.

FURCH 1972, GINN et al. 1974, McLEESE 1956). Ähnlich wie bei der Hitzeresistenz könnten die Wechseltemperaturen einen Anstieg der Vorzugstemperatur zur Folge haben. *G. roeselii* versucht dagegen im Winter trotz starker Irritierungen im vorgegebenen Temperaturbereich zu verbleiben.

Die jahreszeitliche Abhängigkeit des Schwimmaktivitätsverhaltens äußert sich darin, daß die Tiere beider Arten im Winter bei hohen Temperaturen geringe oder keine Lokomotion zeigen (was besonders stark bei *G. fossarum* ausgeprägt ist), während sie im Sommer dagegen bei niedrigen Temperaturen mehr oder weniger inaktiv sind, ein Phänomen, das besonders bei *G. roeselii* in Erscheinung tritt. Außerdem verschiebt sich die Lage des Aktivitätsoptimums, das auf Grund von Beobachtungen und Untersuchungen im Bereich zwischen 60 und 90 % Aktivität festgelegt wurde (SCHWED-HELM 1979).

Was die Reaktion auf die Wechseltemperatur betrifft, so zeigt sich *G. fossarum* im Winter wie im Sommer wenig beeinflusst. Insgesamt werden die Tiere mit zunehmender Expositionszeit im Sommer etwas aktiver, im Winter jedoch träger. Dies äußert sich im Winter mit einer (wenn auch nur geringfügigen) Abnahme der Aktivitätsstufe 4 und einer Zunahme der Aktivitätsstufe 2, was sich in einem geringeren Erscheinen einer Aktivität von 90 % niederschlägt (Abb. 3). Im Sommer wächst der Anteil der Aktivitätsstufen 3 und 4 zu ungunsten des Anteils der Aktivitätsstufen 1 und 2; demzufolge tritt eine Aktivität von 90 % öfter auf (Abb. 4). Gleichzeitig nimmt mit den Wechseltemperaturen die Inaktivität in niedrigen (Sommer) und hohen Temperaturen (Winter) zu.

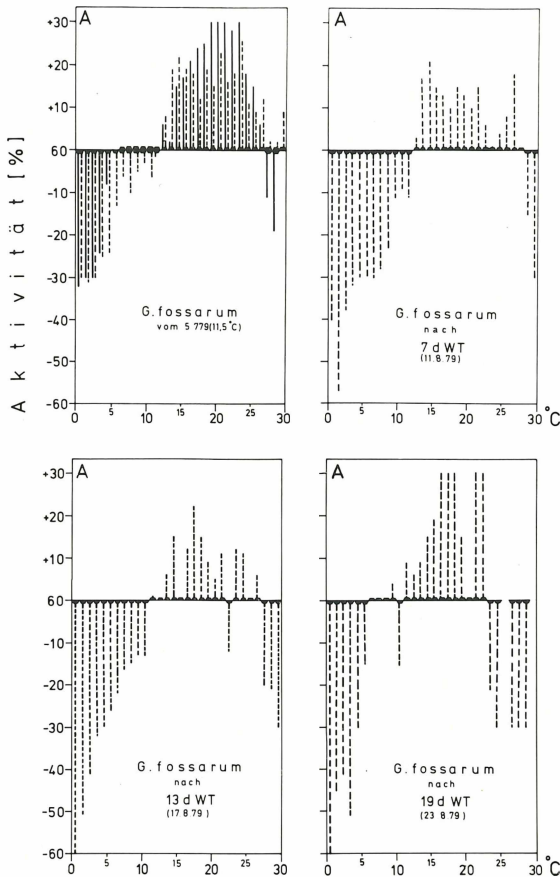


Abb. 4: Schwimmaktivität (in%; Abweichung von 60 % = Null-Linie) von *Gammarus fossarum*-Männchen im SOMMER.

Oben links Aktivitätswerte vor, oben rechts und unten nach verschieden langem Aufenthalt der Tiere in Sommer-Wechseltemperaturen (WT; 12 und 22°), in Abhängigkeit von der Temperatur.

Es gelten nur die gestrichelten Linien; die ausgezogenen Linien oben links sind ohne Bedeutung.

Bei *G. roeselii* finden wir im Winter einen Anstieg der Aktivität infolge der Wechseltemperaturverhältnisse soweit, daß sich die Tiere selbst in den warmen Temperaturbereichen bis einschließlich 27°C in ständiger Ruhelosigkeit befinden, ersichtlich aus einem gehäuften Auftreten einer Aktivität von 90 % (Abb. 5). Demzufolge wird das Optimum der Schwimmaktivität auf einen minimalen Temperaturbereich eingeschränkt, wodurch anderen Aktivitäten, wie Futter- und Partnersuche und Nahrungsaufnahme die optimalen Bedingungen entzogen werden. Im Sommer sinkt die Aktivität bei *G. roeselii* entschieden ab, besonders in den niedrigen Temperaturbereichen (Abb. 6).

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Temperaturschocks das Thermopräferenzverhalten beider Arten im Winter mehr beeinflussen als im Sommer. Bezüglich der Schwimmaktivität reagiert *G. roeselii* intensiver im Winter auf die Wechseltemperaturen, da er intoleranter gegenüber niedrigen Temperaturen ist; *G. fossarum* reagiert dagegen intensiver im Sommer, da er niedrigen Temperaturen gegenüber höheren den Vorzug gibt.

4. Mortalitäts- und Häutungsraten bei Wechseltemperaturen im Winter und Sommer

Um das Bild über den Effekt von Wechseltemperaturen auf die beiden *Gammarus*-Arten zu vervollständigen, wurden während der 22-tägigen Versuchszeit vergleichend die Mortalitäts- und Häutungsraten in den Hälterungsbecken der Versuchstiere bei

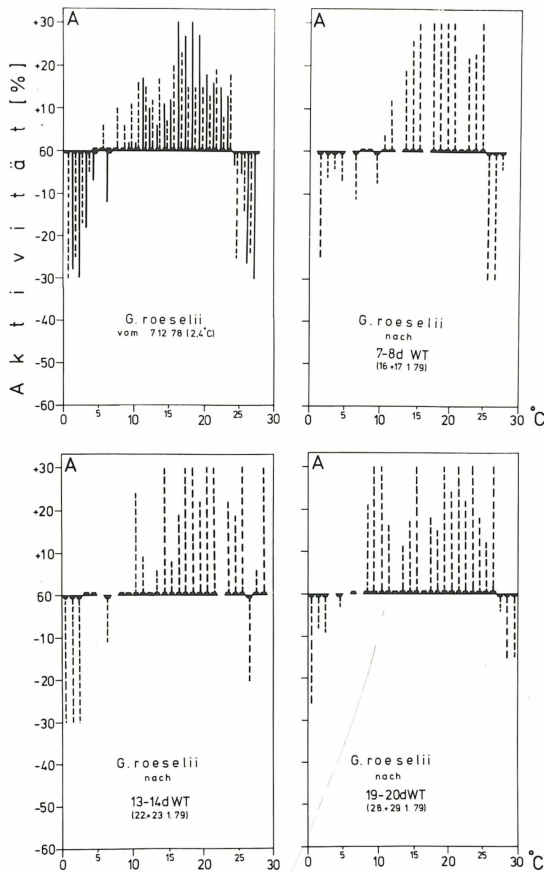


Abb. 5: Schwimmaktivität (in %; Abweichung von 60 % = Null-Linie) von *Gammarus roeselii*-Männchen im WINTER.

Oben links Aktivitätswerte vor, oben rechts und unten nach verschieden langem Aufenthalt der Tiere in Winter-Wechseltemperaturen (WT; 2 und 12°), in Abhängigkeit von der Temperatur.

Es gelten nur die gestrichelten Linien; die ausgezogenen Linien oben links sind ohne Bedeutung.

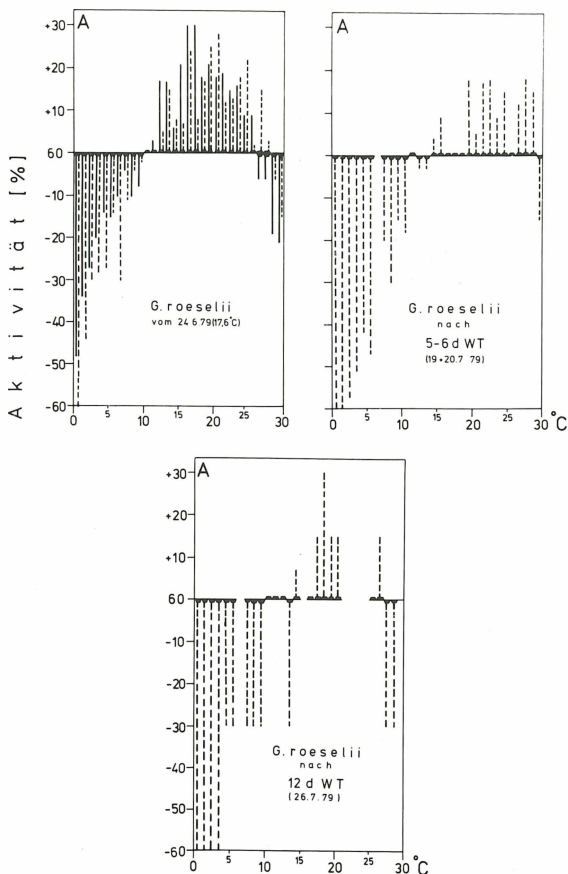


Abb. 6: Schwimmaktivität (in %; Abweichung von 60 % = Null-Linie) von *Gammarus roeselii*-Männchen im SOMMER.

Oben links Aktivitätswerte vor, oben rechts und unten nach verschieden langem Aufenthalt der Tiere in Sommer-Wechseltemperaturen (WT; 20 und 30°), in Abhängigkeit von der Temperatur.

Es gelten nur die gestrichelten Linien; die ausgezogenen Linien oben links sind ohne Bedeutung.

Wechseltemperaturen, unter natürlichen Temperaturbedingungen und - ergänzend - bei einer konstanten Temperatur von 12°C festgestellt (Tab. 1).

Hierbei wird deutlich, daß besonders im Winter die Wechseltemperaturen auf *G. fossarum* ähnlich den natürlichen Temperaturbedingungen wirken, die konstante Temperatur von 12°C jedoch starke Abweichungen zur Folge hat.

Bei den an die konstante Temperatur adaptierten Tiere ist im Winter eine 50 %ige Mortalität bereits nach 14 Tagen erreicht; die Anzahl lebender Tiere beträgt gegen Ende der Versuchszeit nur noch 15%. Bei den im Freien gehälterten (n.a.) und den an Wechseltemperaturen (WT) adaptierten Versuchstieren wird dagegen eine 50%ige Mortalität während der Versuchszeit von 22 Tagen nicht erreicht; die geschätzten Werte liegen bei 70 (= n. a.) und 36 (= WT) Tagen. Nach 20 Tagen leben im Wechseltemperaturschrank noch 77.3%, im Hälterungsbecken im Freien noch 85% des eingesetzten Materials, während nach 10 Tagen Beobachtungszeit bei allen drei Tiergruppen noch 90% der Versuchstiere am Leben waren. Die Langzeitwirkung der Temperaturbedingungen, besonders die der Wechseltemperaturen, spielt also eine große Rolle, wie schon aus den Ergebnissen der Thermopräferenz- und Schwimmaktivitätsuntersuchungen ersichtlich wurde.

Die im Winter ermittelte Häutungsfolge von *G. fossarum* stimmt mit Untersuchungen von ROUX (1975) überein. Der von ihm für *G. fossarum*-Weibchen ermittelte Häutungsintervallwert von 96.1 Tagen (bei 5°C) bzw. 45 Tagen (bei 10°C) entspricht dem

Tab. 1: Mortalität (M) und Häutungsfrequenz (H) von Männchen von *Gammarus fossarum* (links) und *G. roeselii* (rechts), die

- an 12°C adaptiert waren (a.)
- im Freien gehältert und nicht adaptiert waren (n.a.)
- in Wechseltemperaturen gehalten wurden (WT).

Abkürzungen und Signaturen:
W = Winter, S = Sommer, d = Tage
N = Anzahl lebender Tiere; schwarzer Kreis = Wert außerhalb Versuchszeit;
+ = geschätzter Wert.

Art und Temperaturbehandlung Unter-suchung im Hälterungsbecken W=Winter S=Sommer	G. fossarum						G. roeselii					
	WT		a.		n.a.		WT		a.		n.a.	
	W	S	W	S	W	S	W	S	W	S	W	S
50 % M nach [d]	● (36 ⁺)	14	14	23	● (70 ⁺)	20	18	7	11	14	-	21
50 % H nach [d]	21	● (24 ⁺)	11	23	● (42 ⁺)	11	18	10	●	13	-	11
N nach 10 d [%]	90,9	57,9	90,0	73,7	90,0	68,4	93,3	30,8	69,2	68,7	-	75,0
N nach 20 d [%]	77,3	15,8	15,0	52,6	85,0	47,4	60,0	0,0	30,8	31,2	-	37,5

hier vorliegenden Wert der draußen belassenen Männchen (84 Tage), wenn man davon ausgeht, daß die Temperaturen bis 8.8°C ansteigen und die Männchen eine längere Häutungsintervallldauer haben als die Weibchen (letzteres wurde bei einigen marinen *Gammarus*-Arten festgestellt: KINNE 1953, 1960, 1961). Auch der Wert für die an 12°C und die Wechseltemperaturen adaptierten Versuchstiere (100 % Häutungen nach 22 bzw. 42 Tagen) entspricht den Daten, die von ROUX (1975) an *G. fossarum*-Weibchen bei 15°C (24.7 Tage) bzw. einem Wechsel zwischen 5 und 15°C (35.4 Tage) gefunden wurden. Bezüglich der Häutungsfolge von *G. fossarum* im Winter lassen sich also keine abweichenden Folgen der Wechseltemperaturen gegenüber den natürlichen Temperaturbedingungen zeigen; die schockartig wechselnden Temperaturen scheinen eher wie ein Mittel von ca. 7°C zu wirken.

Anders sind die Verhältnisse im Sommer. Hier zeigen die in Wechseltemperaturen lebenden Tiere entschieden längere Häutungsfrequenzen als die im Freien gehälterten. Dagegen stimmen die erhöhten Mortalitätsraten dieser beiden Versuchsgruppen in etwa überein. Die konstante Temperatur von 12°C hat im Sommer eine geringere Sterblichkeit zur Folge als im Winter. Dies hängt damit zusammen, daß die Sterblichkeit von *G. fossarum* im Sommer an sich höher ist, da er gegenüber hohen Temperaturen besonders empfindlich ist. An dieser Stelle sei eine Untersuchung von RICHARDSON et al. (1977) an nicht näher determinierten Amphipoden (*Gammarus* sp.) und *Callinectes sapidus* RATHBUN (Crustacea, Malacostraca) erwähnt, in der sich kein Unterschied im Sauerstoffverbrauch zwischen den an konstante Temperaturen adaptierten und an Wechseltemperaturen mit der entsprechenden mittleren Temperatur adaptierten Versuchstieren fand; dies widerspricht der hier vorliegenden Untersuchung.

Bei *G. roeselii* stimmen im Winter wie im Sommer die Reaktionen auf die konstante Temperatur besser mit den Reaktionen auf natürliche Klimabedingungen überein; dagegen wirken die Wechseltemperaturen besonders im Sommer stark negativ. Dies zeigt sich besonders deutlich im Mortalitätsgeschehen. Während von den an konstante und natürliche Temperaturen adaptierten Versuchstieren im Sommer nach 20 Tagen noch 30-40 % am Leben sind, wird die 100 %ige Mortalität der in Wechseltemperaturen gehaltenen Tiere bereits nach 13 Tagen erreicht. Im Winter dagegen werden die Wechseltemperaturen im Falle des Mortalitätsgeschehens besser ertragen als die anderen Temperaturen.

Vergleicht man die hier gefundenen Häutungsintervallwerte mit denen von KOCH-KALLNBACH, MEIJERING (1977) an *G. roeselii*-Weibchen festgestellten Daten, so läßt sich zumindest für die Winter-Wechseltemperaturen sagen, daß diese nicht (wie bei *G. fossarum*) als mittlere Temperatur von 7°C wirken. Während nämlich der Wert der bei konstanter Temperatur gehaltenen Versuchstiere (100 % Häutungen nach ca. 45 Tagen) gut mit dem von KOCH-KALLNBACH, MEIJERING (1977) gefundenen Wert bei

entsprechender Temperatur (ca. 42 Tage) korreliert, weicht der bei den Wechseltemperatur-Tieren festgestellte Wert von 36 Tagen stark von dem in oben genannter Untersuchung erhaltenen Wert von 50 Tagen bei 7°C ab. Die Wechseltemperaturen bewirken also bei *G. roeselii* eine schnellere Häutungsfolge, was übrigens auch im Sommer zutrifft. Vergleichbare Untersuchungen mit hohen Temperaturen liegen nicht vor.

Allgemein kann man für beide hier untersuchten Arten sagen, daß die Wechseltemperaturen im Sommer negativer auf die Lebensprozesse wirken als im Winter. Bestätigt wird dies durch die Tatsache, daß im Sommer unmittelbar nach einer Versuchsdurchführung grundsätzlich die Mortalitätsrate erheblich ansteigt, während im Winter zwischen Versuchsstreß und Mortalität im Hälterungsbecken kein kausaler Zusammenhang nachzuweisen ist (SCHWEDHELM 1979).

5. Schlußfolgerungen

Aus den vorliegenden Untersuchungen wird ersichtlich, daß Wechseltemperaturen in jedem Fall mehr oder weniger große Veränderungen im Verhalten oder sogar Schäden beim betroffenen Organismus hervorrufen. In der vorliegenden, an Gammariden durchgeführten Untersuchung zeigt sich, daß dies besonders im Sommer zutrifft, wenn die künstlich erzeugten Temperaturerhöhungen die obere Toleranzgrenze der Tiere überschreiten können. Die Tiere reagieren mit abnormen Verhaltensweisen oder erhöhter Mortalität, was beides zur Dezimierung der Population und zu Dominanzverschiebungen innerhalb des Biotops führt (APPOURCHAUX 1971, ASTON 1973, BICK & BERTRAM 1973, FEY 1977, HADDERINGH 1975). Aber auch im Winter werden durch unnatürliche Temperaturschocks Verhaltensweisen verändert, wie es bei der Schwimmaktivität von *G. roeselii* deutlich wurde. Grundsätzlich sind Organismen aus Gewässern mit relativ konstanten Tagestemperaturen, wie hier *G. roeselii*, gegenüber Wechseltemperaturen sehr viel empfindlicher als Organismen aus Gewässern mit tageszeitlichen Temperaturschwankungen, wie hier *G. fossarum*. Gerade aber die langsam fließenden oder auch stehenden Gewässer mit konstanter Tagestemperatur dienen wegen ihrer starken Wasserführung der Entnahme und Zugabe von Kraftwerkskühlwässern, verbunden mit negativen Folgen für die hier lebenden Organismen, was durch die dargestellten Ergebnisse angedeutet wird.

Literatur

- APPOURCHAUX M., 1971: Effet de l'échauffement de l'eau par les centrales thermiques. Techn. Sci. Municip. 66: 453-457.
- ASTON R.J., 1973: Field and experimental studies on the effects of a power station effluent on Tubificidae (Oligochaeta, Annelida). Hydrobiologia 42: 225-242.
- ASTON R.J., BROWN D.J.A., 1975: Local and seasonal variations in populations of the leech *Eryobdella octoculata* (L.) in a polluted river warmed by condenser effluents. Hydrobiologia 47: 347-366.
- BASEDOW T., 1969: Über die Auswirkung von Temperaturschocks auf die Temperaturreistenz poikilothermer Wassertiere. Eine Untersuchung zum Problem der thermischen Schockanpassung bei Tieren. Int. Rev. ges. Hydrobiol. 54: 765-789.
- BICK H., BERTRAM R., 1973: Experimentell-ökologische Untersuchung der Populationsdynamik von Aufwuchsciliaten unter besonderer Berücksichtigung des Temperaturfaktors. Forsch. Ber. NRW 2266.
- CAIRNS J. jr. et al., 1972: Mortality curves of bluegills (*Lepomis macrochirus* RAFINESQUE) simultaneously exposed to temperature and zinc stress. Transact. Amer. Fish. Soc. 101: 435-441.
- DETERS E., 1972: Limnologische Probleme der sogenannten thermalen Verunreinigung. Staatsexamensarbeit Univ. Bonn.
- ELSTER H.J., 1968: Einige limnologische und fischereiliche Gesichtspunkte im Zusammenhang mit der Kühlwasserentnahme und -rückgabe bei konventionell und nuklear thermischen Kraftwerken. Fischwirt 18: 298-308.
- FEY J.M., 1977: Die Aufheizung eines Mittelgebirgsflusses und ihre Auswirkung auf die Zoozönose - dargestellt an der Lenne (Sauerland). Arch. Hydrobiol./Suppl. 53: 307-363.
- FEY J.M., SCHUMACHER H., 1978: Zum Einfluß wechselnder Temperaturen auf den Netzbau von Larven der Köcherfliegen-Art *Hydropsyche pellucidula* (Trichoptera, Hydropsychidae). Ent. germ. 4: 1-11.
- FURCH K., 1972: Der Einfluß einer Vorbehandlung mit konstanten und wechselnden Temperaturen auf die Hitzeresistenz von *Gammarus salinus* und *Idothea baltica*. Marine biol. 15: 12-34.
- GINN T.C. et al., 1974: The effects of power plant condenser cooling water entrainment on the amphipod *Gammarus spec.* Water Res. 8: 937-945.
- HADDERINGH R.H., 1975: Effects of the cooling water discharge on the macroinvertebrates and fish populations around Flevo power station. Verh. Int. Ver. Limnol. 19: 2214-2218.

- KINNE O., 1953: Zur Biologie und Physiologie von *Gammarus duebeni* LILLJ. II. Über die Häutungsfrequenz, ihre Abhängigkeit von Temperatur und Salzgehalt, sowie ihr Verhalten bei isoliert gehaltenen und amputierten Versuchstieren. Zool. Jb. (Physiol.) 64: 183-206.
- KINNE O., 1960: *Gammarus salinus* - Einige Daten über den Umwelteinfluß auf Wachstum, Häutungsfolge, Herzfrequenz und Entwicklungsdauer. Crustaceana 1: 208-217.
- KINNE O., 1961: Growth, molting frequency, heart beat, number of eggs, and incubation time in *Gammarus zaddachi* exposed to different environments. Crustaceana 2: 26-36.
- KOCH-KALLNBACH M.E., MEIJERING M.P.D., 1977: Duration of instars and praecopula in *Gammarus pulex* LINNAEUS 1758 and *Gammarus roeselii* GERVAIS 1835 under seminatural conditions. Crustaceana/Suppl. 4: 120-127.
- LANGFORD T.E., DAFFERN J.R., 1975: The emergence of insects from a British river, warmed by power station cooling-water. I. The use and performance of insect emergence traps in a large spate-river and the effects of various factors on total catches, upstream and downstream of the cooling-water outfalls. Hydrobiologia 46: 71-114.
- LANGFORD T.E., 1975: The emergence of insects from a British river, warmed by power station cooling-water. II. The emergence patterns of some species of Ephemeroptera, Trichoptera and Megaloptera in relation to water temperature and river flow, upstream and downstream of the cooling-water outfalls. Hydrobiologia 47: 91-133.
- MCLEESE D.W., 1956: Effects of temperature, salinity and oxygen on the survival of the american lobster. J. Fish. Res. Bd. Can. 13: 247-272.
- NEBEKER A.V., 1971: Effect of high winter water temperatures on adult emergence of aquatic insects. Water Res. 5: 777-783.
- PRECHT H. et al., 1973: Temperature and Life. 1st ed. Berlin/Heidelberg/New York (Springer): 779 p.
- RICHARDSON L.B. et al., 1977: The effects of rapid temperature changes on the oxygen consumption patterns of amphipods (*Gammarus spec.*) and juvenile blue crabs (*Callinectes sapidus*) acclimated to constant and cyclic temperatures. Ass. Southeast. Biol. Bull. 24: 80-81.
- ROUX A.L., 1975: Température stable et température fluctuante. II. Etude comparative de leur effets sur la durée d'intermue de Gammaridae femelles. Verh. Int. Ver. Limnol. 19: 3014-3021.
- RUPIEPER B., 1978: Hydrobiologische Folgen der Einleitung Kühlwassers von Kernkraftwerken in Flüsse. Staatsexamensarb. Univ. Bonn.
- SACHS L., 1978: Angewandte Statistik. 5. Aufl. Berlin/Heidelberg/New York (Springer): 552 S.
- SCHWEDHELM E., 1979: Thermopräferenz und Schwimmaktivität von *Gammarus fossarum* KOCH 1835 und *G. roeselii* GERVAIS 1835 (Crustacea, Amphipoda) in Abhängigkeit von der Jahreszeit und schockartig wechselnden Temperaturen. Diplomarb. Univ. Bonn.
- SMITH W.E., 1973: Thermal tolerance of four freshwater crustaceans to lethal high temperatures and low oxygen. J. Fish. Res. Bd. Can. 20: 387-415.
- WENZEL R., 1978: Einwirkungen thermisch bedingter Abwärme (Thermopollution) auf die lebende Umwelt. Staatsexamensarb. Univ. Bonn.

Adresse

Dipl.-Biol. E. Schwedhelm
 Inst. für Angew. Zoologie Universität
 An der Immenburg 1

D-5300 Bonn

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1980

Band/Volume: [8_1980](#)

Autor(en)/Author(s): Schwedhelm Eleonore

Artikel/Article: [Thermopräferenz, Schwimmaktivität, Mortalität und Häutungsfrequenz von Gammarus fossarum und Gammarus roeselii in Abhängigkeit von Temperaturschocks 295-303](#)