

Rädertierstudien

Der Einfluß von Quantität und Qualität des Futters auf Lebensparameter, Klonwachstum und Körpermaße einiger planktischer Rotatorienarten

A. Ruttner-Kolisko

Den Lebensparametern von Zooplanktonorganismen bei geringen oder nicht ganz adäquaten Nahrungsbedingungen (food limitation) wird derzeit mit Recht viel Aufmerksamkeit geschenkt, wenn es darum geht, die unter Feldbedingungen beobachtete Populationsdynamik zu interpretieren oder deren Verlauf im Modell nachzuvollziehen und vorauszusagen. Über die Zusammenhänge zwischen Futterangebot und Lebenslauf einzelner Arten liegen jedoch noch nicht allzuviele Daten vor, die für eine Berechnung oder auch nur größenordnungsmäßige Abschätzung der Populationsdynamik verwertbar sind. Soweit solche Daten vorhanden sind, beziehen sie sich meist auf Crustaceen, vorwiegend auf die Gattung *Daphnia*.

Für Rotatorien gibt es einige Untersuchungen über Freßraten (clearing rates) und Wachstumsintensität in der exponentiellen Phase (intrinsic rate of natural increase) in Abhängigkeit von der Futterdichte, unter anderen von GALKOVSKAJA (1963), HALBACH & HALBACH (1974), STARKWEATHER (1980). Um solches Datenmaterial zu erweitern, erscheint es mir sinnvoll, auch einzelne z.T. schon weiter zurückliegende Versuche zu beschreiben, die die zahlenmäßige Erfassung des Futterfaktors in seiner Auswirkung auf das individuelle Leben und auf das Populationswachstum einiger Planktonrotatorien zum Ziel hatten.

1. Klonwachstum von *Brachionus urceolaris* bei 25°C und abgestuften Konzentrationen der Futteralge *Chlorella pyrenoidosa*.

Versuchsordnung: von einem Klon ausgehend wurden bei konstanter Temperatur von 25±0.5°C je 3 Weibchen (amikt.♀) in Blockschalen übertragen, die 5ml einer Chlorellasuspension enthielten, die in 5 Abstufungen von 2.5×10^6 bis 5×10^4 Zellen/ml verdünnt war; die

Stufen verhielten sich wie 1.0:0.5:0.2:0.1:0.02. Die Schalen wurden alle 12 Std. kontrolliert, die Tiere gezählt und die gleichzeitige Algendichte spektrophotometrisch bestimmt; das Medium wurde nicht gewechselt.

In allen 5 Schalen wuchsen die Klone zunächst exponentiell, jedoch verschieden steil an (Fig. 1). Für die Klone I u. II betrug die Verdoppelungszeit 12 Std. (=growth rate/day = 2.0), für die Klone III u. IV 15 Std. (g.r./d=1.6) und für Klon V 21 Std. (g.r./d = 1.1). Nach ca. 60 Std. gingen alle 5 Klone in eine flache Wachstumskurve über, die aber nur bei Klon I u. II zu einem Equilibrium führte, das 15 bzw. über 20 Tage anhielt. Die Klone III-V gingen innerhalb einer Woche zu Grunde.

Der Zustand der Klone am Ende der log-Phase, und zwar: die vorhandene Futtermenge, die Individuenzahl, die für jedes Tier vorhandene Futtermenge und der Lebensraum, ist in Tab. 1 errechnet. Aus dieser Zusammenstellung ist ersichtlich:

a) Die Verringerung der anfänglichen Futterkonzentration von 2.5 auf 1.25×10^6 Zellen hatte auf den Verlauf der beiden Versuche keinen wesentlichen Einfluß. GleichermäÙen kam es bei ca. 45×10^3 Futterzellen, bei 40 mm^3 Lebensraum pro Tier und bei einer Klonegröße von ca. 120 Individuen zum Ende der log-Phase. Die Konzentration im Versuch I bedeutete offenbar einen Futterüberschuß, der nicht mehr genutzt werden konnte. Der Gleichgewichtszustand (carrying capacity) pendelte sich dann in beiden Systemen bei ca. 7000 Algenzellen pro Individ. ein (siehe Ruttner-Kolisko 1974, Fig. 21).

b) Eine Verdünnung auf 0.5 bzw. 0.25×10^6 Zellen/ml setzt die Tragfähigkeit der Systeme jedoch beträchtlich herab. Die begrenzte Individuenzahl sank von 120 auf ca. 60, war aber trotzdem für die Erreichung eines Gleichgewichtes (steady state) bereits zu hoch. Diese überschießende Vermehrung (overshooting) endete bei Klon III bei 25×10^3 Zellen/Ind. und führte nach einer Woche zum Tod der Kolonie; bei Klon IV waren am Ende der log-Phase nur 8600 Zellen/Ind. verfügbar und die Kultur brach unmittelbar zusammen.

c) Die Ausgangsdichte von 50×10^3 Algenzellen (Klon V) war so gering, daß offenbar der größte Teil der metabolischen Energie der Tiere auf den Nahrungserwerb verwendet werden mußte, so daß die zur Eibildung nötige Dottermenge nur sehr langsam angesammelt

werden konnte. Am Ende der log-Phase hatte die Algenzahl kaum abgenommen; das Nichtzustandekommen eines Gleichgewichtes war also nicht auf Verbrauch des Futters, sondern eher auf Erschöpfung der Brachionuspopulation zurückzuführen.

Offen bleibt die Frage, warum die log-Phase, trotz so verschiedenem Status, in allen 5 Klonen zur selben Zeit zu Ende ging. HALBACH (1972) führt ein ähnliches Verhalten in Kulturen von *Brachionus calyciflorus* auf die Anhäufung toxischer Exkrete der Algen zurück; ob diese Erklärung für die vorliegende Versuchsserie zutrifft, ist nicht überprüft.

2. Klonwachstum von *Hexarthra fennica* bei drei verschiedenen Temperaturen und zwei Futterkonzentrationen.

Versuchsordnung: *Hexarthra fennica* aus dem Neusiedlersee wurde in filtriertem N.S.-Wasser mit *Chlorella pyrenoidosa* kultiviert. In 5cm³-Blockschalen wurde zu 4 ml Seewasser 1.0 ml einer *Chlorella*-Aufschwemmung, Dichte 1×10^6 Zellen/ml bzw. 2.5×10^5 Z./ml zugesetzt, so daß in den Kulturmedien Konzentrationen von 2×10^5 bzw. 5×10^4 Zellen/ml entstanden. Ausgehend von je 5 Tieren aus ein und demselben Klon wurde nun in 6 Parallelkulturen das Wachstum der Populationen bei 15, 20, 25°C ($\pm 0.2^\circ$) für beide Futterkonzentrationen durch tägliche Zählung festgestellt, wobei die Tiere jeweils in frisches Medium übertragen wurden. Bei Anwachsen auf ca. 50 Individuen wurden die Kulturen beim Zählen halbiert und dadurch über längere Zeit (2 Wochen) in der log-Phase des Wachstums erhalten. Das Nahrungsangebot pro Tier schwankte dementsprechend in der Versuchsserie I zwischen 20 000 und 40 000 Zellen, in Serie II zwischen 5 000 und 10 000; in beiden Serien schwankte der Lebensraum je Tier zwischen 100 und 200 mm³. Für die graphische Darstellung wurde das jeweilige Zählergebnis mit dem entsprechenden Halbierungs-Faktor multipliziert.

Zweck dieser Versuche war es festzustellen, ob sich eine Einschränkung des Nahrungs-Angebotes bei verschiedenen Temperaturen in gleicher Weise oder verschieden auswirkt, und das Ausmaß dieser Auswirkung zahlenmäßig festzustellen. Über das Ergebnis der Versuchsserie geben Fig. 2 und Tab. 2 Auskunft. Wie zu erwarten zeigt sich (Fig. 2), daß die errechneten Regressions-Geraden für die log-Phase des Klonwachstums mit zunehmender Temperatur immer steiler ansteigen; es zeigt sich aber auch, daß bei der hohen Futtermenge

der temperaturbedingte Anstieg zwischen 15° und 25°C ziemlich gleichmäßig erfolgt, während bei dem auf ein Viertel reduzierten Futterangebot der Anstieg zwischen 20° und 25° nur gering ist. Außerdem liegen bei der geringeren Futtermenge die Anstiegslinien in allen 3 Temperaturbereichen etwas flacher.

Dieses summarische Ergebnis ist in Tab. 2 zahlenmäßig aufgegliedert. Bei 15°C erreicht der gut gefütterte Klon I nur um 8 Stunden schneller die doppelte Individ.-Zahl als der Klon II. Als tägliche Rate ausgedrückt heißt das, die Wachstumsintensität liegt bei der 4-fachen Futtermenge nur um 2% höher. Ähnliches gilt für den 20°-Vergleich: Die Zeitdifferenz für die Verdoppelung beträgt hier 9 Std., die Differenz der Wachstumsrate 4%. Erst bei 25°C wirkt sich der Nahrungsfaktor beträchtlich aus und führt zu einer Verkürzung der Verdopplungszeit von 15 Std. bzw. einer Zunahme der Wachstumsrate von 22%.

3. Auswirkung der Futterqualität auf den individuellen Lebensablauf und auf die Körpermaße von *Brachionus plicatilis*.

Versuchsordnung: Aus einem Klon von *Brachionus plicatilis* (strain L) wurden zwei Stammkulturen in künstlichem Meerwasser gehalten und einen Monat lang mit *Dunaliella spec.* bzw. mit einer aus dem Lake Manyara gezüchteten Salzwasser-*Chlorella* gefüttert. Aus diesen beiden Stammkulturen wurden je 10 Tiere in Einzelkultur-
nähpfchen übertragen und täglich mit einem Tropfen frischen Futters versehen (Volumen der Nähpfchen 250mm³). Eventuell produzierte Eier und geschlüpfte Jungtiere wurden protokolliert und letztere in neue Kultur-nähpfchen versetzt. Auf diese Art entstanden etwa 60 einzelne Lebensgeschichten, aus denen die Mittelwerte für folgende Lebensdaten errechnet wurden: Lebenslänge, Zahl der Nachkommen, Intervall der Eiablage, Embryonalentwicklungszeit und juvenile Periode. Außerdem wurden aus den Stammkulturen je 50 adulte Weibchen vermessen und aus den Mittelwerten das Biovolumen errechnet. Beide Stammkulturen gedeihen zufriedenstellend, obwohl sich die ermittelten Lebensparameter (Tab. 3) grundlegend unterscheiden. Diese Unterschiede werden durch die schematische graphische Darstellung der durchschnittlichen Lebensabläufe von *Brachionus plicatilis*-Individuen in den beiden genetisch gleichen, aber

verschieden ernährten Gruppen illustriert (Fig. 3). Vergleicht man die Auswirkung der Futterqualität im einzelnen, so sind zwei Fakten besonders auffallend:

1. Eine beträchtliche Verlängerung der Lebensdauer unter den restriktiven Bedingungen des Chlorella-Futters, ein Befund, der ähnliche Literaturangaben für *Asplanchna brightwelli* (VERDONE-SMITH 1982) bestätigt.
2. Eine starke Verlängerung der embryonalen Entwicklungszeit D, d.h. der Zeit zwischen Ablage und Schlüpfen des Eies. Diese Größe wird allgemein als nur temperaturabhängig angenommen. Daß hier so große Unterschiede auftreten, deutet m.E. darauf hin, daß mit dem Chlorella-Futter Stoffe aufgenommen und als Metabolite im Dotter eingelagert werden, die die Embryonalentwicklung ungünstig beeinflussen. Die prozentuell große Zahl von Eiern, die sich nicht entwickeln, sondern fallen gelassen werden, weist auch in diese Richtung.

Jedenfalls nimmt auch die Ansammlung der zur Eiablage nötigen Dottermenge bei Fütterung mit Chlorella mehr Zeit in Anspruch als mit *Dunaliella*, was sich in der Verlängerung von Intervall I und juveniler Periode IM auswirkt.

Die an 50 adulten, eitragenden Tieren durchgeführten Messungen von Körperlänge und -breite ergaben folgende Mittelwerte:

Dunaliella-Futter: Lg. $238 \pm 25 \mu$, Br. $200 \pm 14 \mu$;

Chlorella-Futter: Lg. $200 \pm 31 \mu$, Br. $150 \pm 25 \mu$;

das bedeutet eine Verminderung der Körpermaße um rund ein Viertel. Aus den Meßwerten ergibt sich bei Anwendung der Formel $v=0.52 a b c$ (RUTTNER-KOLISKO 1977) eine Verminderung des Biovolumens der mit Chlorella gefütterten Tiere auf ca. die Hälfte (s.Tab. 3).

Diskussion

Die in den 3 Versuchsserien gefundenen Daten können zu der Frage des Verhaltens von Planktonrotatorien unter eingeschränkten Nahrungsbedingungen nur Hinweise auf Abhängigkeiten und auf die Größenordnungen, in denen diese sich abspielen, liefern. Eine direkte Übertragung von im Laborversuch gefundenen Zahlen auf Modelle, die für das Verhalten im natürlichen Milieu konstruiert sind, führt fast zwangsläufig zu Fehlinterpretationen.

Mit dieser Einschränkung lassen sich die dargestellten Ergebnisse folgendermaßen zusammenfassen:

- Eine Konzentration verwertbarer Nahrungspartikel (Algen), die über 1×10^6 /ml hinausgeht, dürfte von den meisten Planktonrotatorien, selbst bei hoher Temperatur, nicht mehr ausgenützt werden können. Eine Wachstumsbeschränkung tritt unter den untersuchten Bedingungen jedenfalls erst bei 5×10^5 /ml⁻¹ ein (Versuch Nr. 1).
- Die Ausnützbarkeit des Futters sinkt mit der Temperatur. Während bei tieferer Temperatur die Wachstumsraten bei mengenmäßig sehr verschiedenem Futterangebot nur wenig differieren, wirkt sich bei höherer Temperatur die Futterbeschränkung deutlich aus. Im vorliegenden Experiment (Warmwasserart!) bewirkte bei 25° die Futtereinschränkung auf ein Viertel eine um 22% geringere Wachstumsrate (Tab. 2); bei 15° und 20° waren die Raten der beiden Klone nur wenig voneinander verschieden.
- Das Erreichen eines Gleichgewichtszustandes zwischen Algen- und Rädertiervermehrung erfordert im Endpunkt der Exponentialphase eine höhere Relation von Futter/Tier als es dem Verhältnis im Equilibrium selbst entspricht. Schießt die exponentielle Vermehrung der Tiere (infolge ihrer längeren Generationszeit gegenüber dem Futterorganismus) über diesen Punkt hinaus, so bricht das System zusammen, es kommt zu keinem Gleichgewicht. Im Versuch 1 beträgt der notwendige Algenüberschuß etwa das 6-fache des Equilibriumwertes von 7 000 Zellen pro Tier. Dieser numerische Wert stimmt in der Größenordnung mit den Angaben von HALBACH (1974) und ebenso von BORAAS (1980) überein, der im Chemostat ein Biovolumsverhältnis Rotifer/Alge von 17/3 fand.
- Veränderte Futterqualität beeinflusst sämtliche wichtigen individuellen Lebensparameter, ohne jedoch das Zustandekommen einer dauerhaften Population zu verhindern (siehe dagegen KING 1966). Das individuelle Leben kann stark verlängert werden (DORAZIO 1984), die Nachkommenzahl verringert sich (POURRIOT 1965), das Intervall der Eilage wird länger. Die eigenen Befunde zeigen vor allem, daß sich die Entwicklungszeit D durch die Futterqualität verändert. Da diese Größe in jede Berechnung der Populationsdynamik eingeht (EDMONDSON 1960), ist dieser Befund besonders beachtenswert.
- Die Futterqualität beeinflusst auch die durchschnittlichen Körpermaße des betroffenen Rädertieres. Damit verändert sich (zur 3. Potenz) das Biovolumen; im konkreten Fall (Tab. 3) betrug das

Klon Nr.	Anfängliche Zellzahl/cm ³	Augenblickliche Zellzahl/cm ³	Zahl der Rädertiere	Lebensraum pro Individuum/mm ³	Zellzahl pro Individuum		
I	2 500 000	1 150 000	125	40	46 000	}über-	
II	1 250 000	1 000 000	115	43	43 000		leben
III	500 000	300 000	60	83	25 000	}starben	
IV	250 000	90 000	52	96	8 640		rasch
V	50 000	45 000	21	238	10 710		

Tab. 1: Status of clones of *Brachionus urceolaris*, grown in 5 cm³ suspension of *Chlorella* at 25°C, at the end of the exponential phase of growth.

Tab. 2:

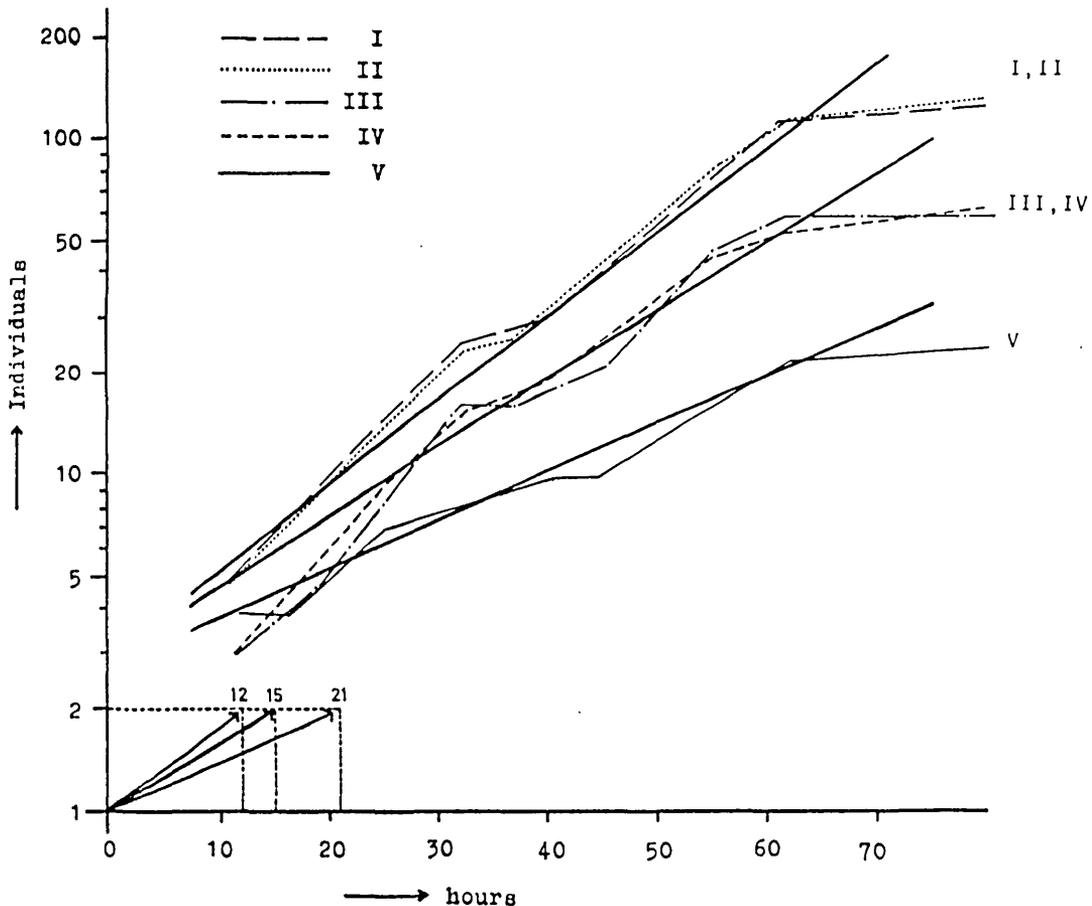
	I			II		
Futterdichte (<i>Chlorella</i>)	2 x 10 ⁵ Zellen/ml			5 x 10 ⁴ Zellen/ml		
Temperatur (C°)	15°	20°	25°	15°	20°	25°
Verdoppelungszeit (h)	74	46	34	82	55	49
Tägl. Wachstumsrate r (%)	25	42	63	23	38	41

Growth of clones of *Hexarthra fennica* at two food densities (1:4) and at three temperatures. The time for doubling the number of individuals (h) and the daily growth rate r (%) are listed.

Futter	Dunaliella spec. n		Chlorella spec. n	
Embryonalentwicklung D	32h	25	60h	16
Juvenile Periode IM	72h	25	98h	16
Intervall zw. Eilagen I	7h	25	44h	12
Lebensdauer L	17 Tg.	6	25 Tg.	13
Zahl d. Nachkommen N	21-24	6	0-7	28
Körpervolumen V	3.47x10 ⁶ μ ³	20	1.56x10 ⁶ μ ³	20

Tab. 3: Life parameters of *Brachionus plicatilis* at 15°C, and fed with two food items; mean values of n life histories.

Fig. 1 Growth of clones of *Brachionus urceolaris* at 25°C and at five densities of *Chlorella pyrenoidosa* as food. I: $2,5 \times 10^6$ cells/ml. II: $1,25 \times 10^6$ cells/ml. III: 5×10^5 cells/ml. IV: $2,5 \times 10^5$ cells/ml. V: 5×10^4 cells/ml.



Ausmaß 2:1. Darstellungen der Populationsdynamik, angegeben als Biomasse, unterliegen daher bei Felduntersuchungen und wechselndem Futterangebot beträchtlichen Ungenauigkeiten.

Literatur:

- BORAAS, M.E. 1980: in KERFOOT, Evolution and Ecology of Zooplankton communities, 173-182
- DORAZIO, R.M. 1984: Hydrobiologia 108; 239-243
- EDMONDSON, W.T. 1960: Mem. Ist. Ital. Idrob. 12, 21-77
- GALKOVSKAJA, G.A. 1963: Zool. Zh. 42, 506-512
- HALBACH, U. 1972: Verh. Dtsch. Zool. Ges. 65, 83-88
- HALBACH, U. u. HALBACH, G. 1974: Arch. Hydrobiol. 73, 273-309
- KING, CH. E. 1966: Ecology 48, 111-128
- POURRIOT, R. 1965: Vie et Milieu, suppl. 21
- RUTTNER-KOLISKO, A. 1977: Erg. Limn. 8, 71-77
- 1974: Plankton Rotifers, Schweizerbart, Stuttg.
- STARKWEATHER, P.L. 1980: in KERFOOT, Evol. and Ecology of Zooplankton communities, 151-157
- VERDONE-SMITH, C. u. H. E. ENESCO 1982: Exper. Geront. 17, 463-471

Summary

Three planktonic rotifer species have been used to assess in laboratory experiments the impact of food quality and quantity on population growth.

1. In the first series of experiments *Brachionus urceolaris* was exposed to five levels of the food alga *Chlorella pyrenoidosa*. Concentrations higher than 1×10^6 cells/ml could not be used to increase growth rates (at 25°C). An equilibrium between food and consumer was reached at approximately 7 000 cells per individual. However, a concentration of food about six-fold the equilibrium value was necessary at the end of the log-phase to compensate for the overshooting growth of the rotifers. A food density three times (or less) the equilibrium value led to decline and death of the clones.

2. *Hexarthra fennica* was grown at two food levels (2×10^5 and 5×10^4 cells/ml) at 15°, 20°, and 25°C. The four-fold food density induced an increase of the growth rate of 22 % at 25°C only; at the lower temperatures of 20° and 15° the growth rates at the two food levels were only slightly different, namely, 4 % and 2 %, respectively. Hence, the temperature dependence of the food limitation is not linear.

3. Life parameters of *Brachionus plicatilis* were established in individual cultures with two different food items at 15°C. Compared with *Dunaliella* sp., a salt-water *Chlorella* used as food prolonged the individual length of life, the juvenile period, the interval between egg laying, and greatly reduced the number of offspring, although this alga suffices to maintain a stock culture over years. Most noteworthy was the fact that the egg development time - considered as temperature-dependent only - increased, as an average, to twice the *Dunaliella* value. The mean length and breadth measurements of the animals were 20 % smaller on the *Chlorella* diet, implying a decrease of the individual biovolume of approximately 50 %.

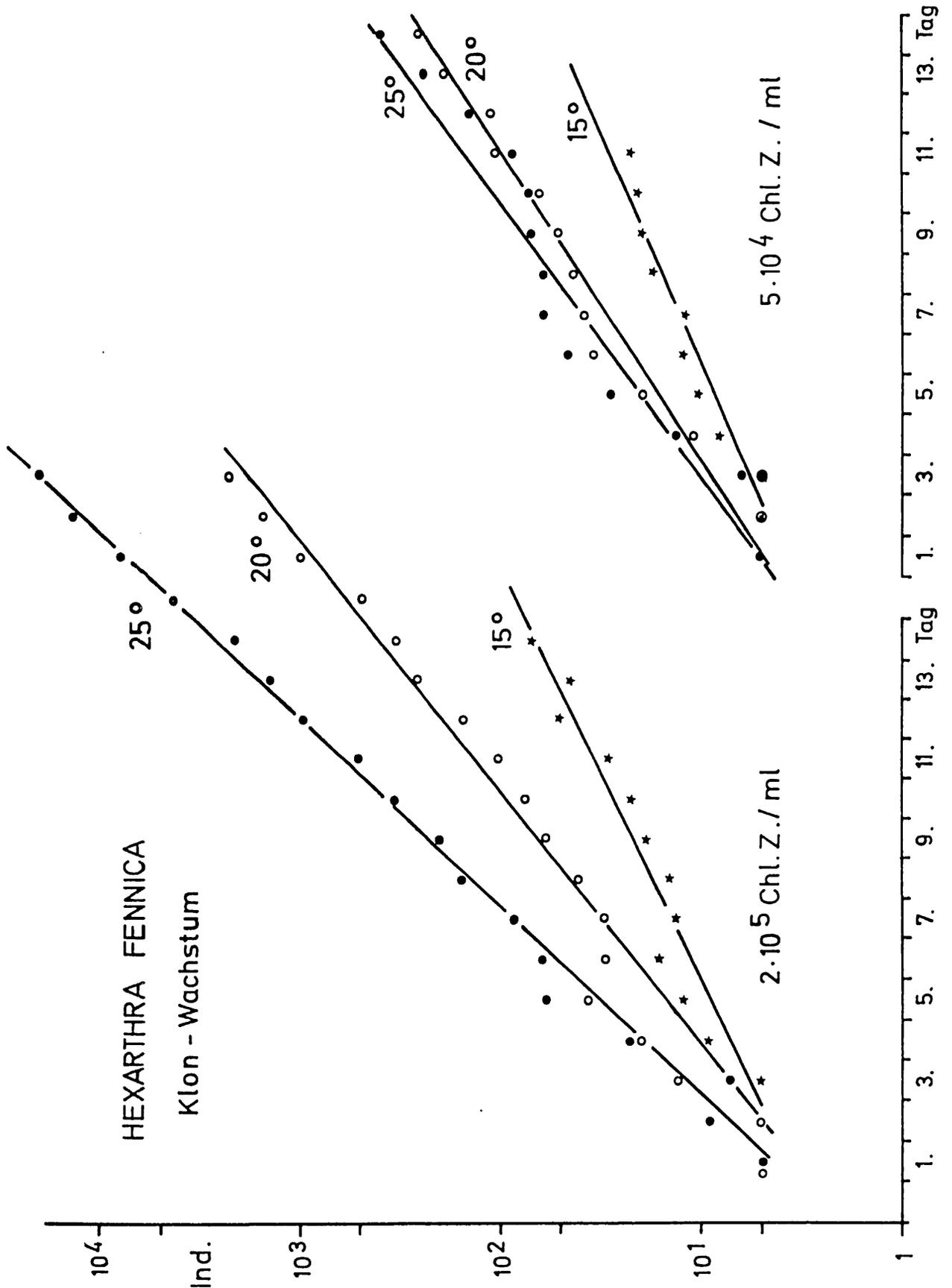
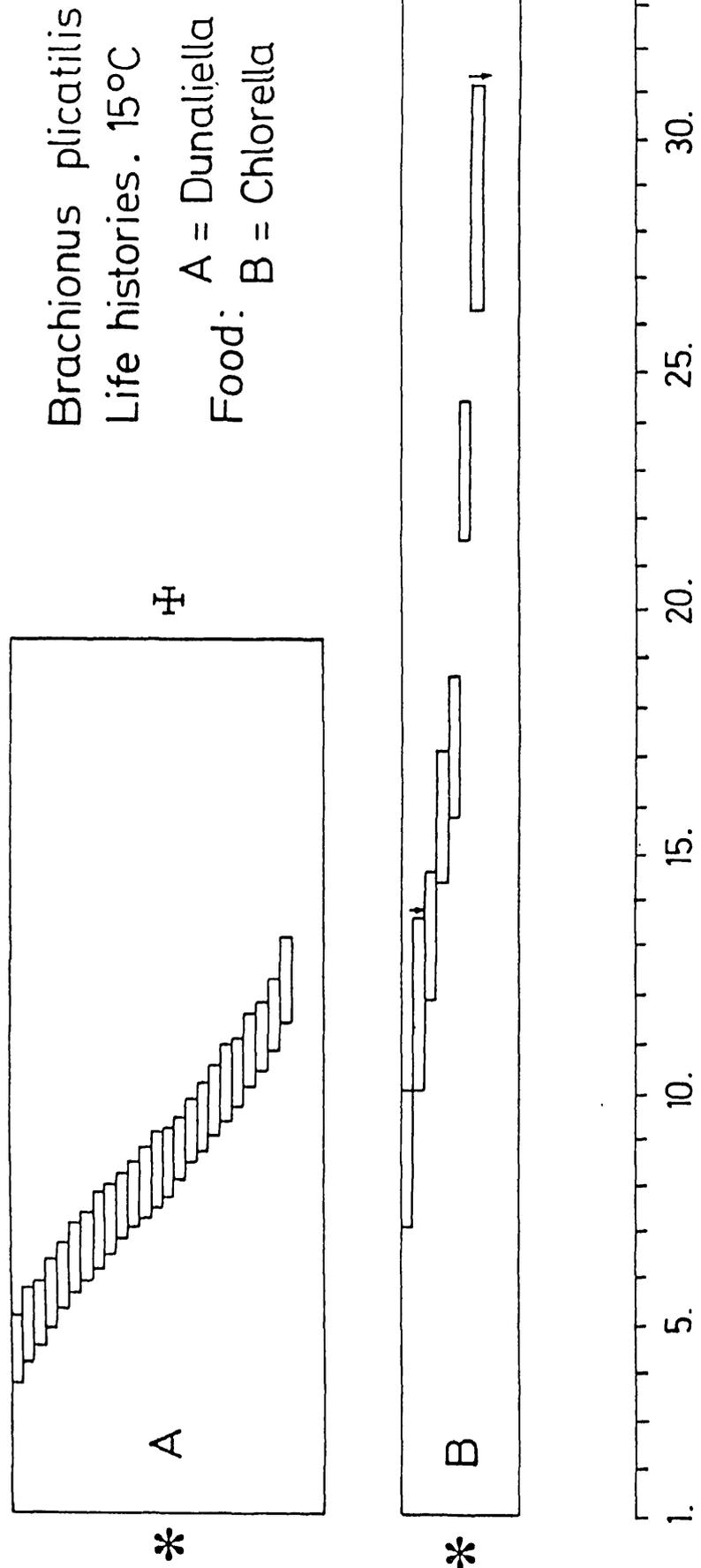


Fig. 2 Calculated regression lines for the growth of clones of *Hexarthra fennica* fed with *Chlorella pyrenoidosa* at two density levels and at three temperatures.

Fig. 3 Rectangular scheme of individual life histories of *Brachionus plicatilis* fed with two different food items. Bars indicate time and interval of egg laying, and length of embryonic development. Arrows indicate non-viable, dropped eggs.



*

*

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahresbericht der Biologischen Station Lunz](#)

Jahr/Year: 1984

Band/Volume: [1983_007](#)

Autor(en)/Author(s): Ruttner-Kollisko Agnes

Artikel/Article: [A. Rädertierstudien. Der Einfluß von Quantität und Qualität des Futters auf Lebensparameter, Klonwachstum und Körpermaße einiger planktischer Rotatorienarten. 181-191](#)