

## Wachstumsraten, Gewichtszustandswert und Ätilität bei Erdkrötenlarven (*Bufo bufo* L.) im Freiland

(Amphibia: Salientia: Bufonidae)

BRUNO VIERTTEL

Mit 4 Abbildungen

### Einleitung

Längenwachstum, Gewichtszunahme und der daraus errechnete Gewichtszustandswert geben in Verbindung mit dem trophischen Faktor Nahrungsangebot eine Möglichkeit, zusammen mit ihrer Abundanzdynamik den Grad der Überlebensfähigkeit einer Art in ihrem Lebensraum einzuschätzen beziehungsweise ihre Ansprüche an denselben kennenzulernen.

Innerhalb der Wirbeltiere erscheint diese Kenntnis bei Amphibien besonders wünschenswert, da die Embryonen und Larven in der Regel in grundsätzlich andersartigen Biotopen leben und daher anderen Bedingungen ausgesetzt sind als die metamorphosierte Artgenossen. Hinzu kommt, daß Larvalpopulationen durch Abundanz und Individuengröße die metamorphosierte Population nicht unerheblich beeinflussen (cf. HEUSSER 1968). SAVAGE (1952) publizierte Ergebnisse über Gewichtszunahme von *Rana temporaria*- und *Bufo bufo*-Larven, jedoch ohne näher auf den Gewichtszustandswert als Maß für den unterschiedlichen Ernährungszustand und die Nahrungsgrundlage im Demotop (SCHWERDTFEGGER 1968), wie Plankton, Detritus und Substrat quantitativ einzugehen. Auch wurde in keiner dieser Arbeiten die Ätilität (SCHWERDTFEGGER 1968) berücksichtigt. Zusammen mit der vorliegenden Untersuchung wurden in den gleichen Biotopen Überlebensrate, Prädation und Mortalität ebenfalls an Erdkrötenlarven ermittelt (VIERTTEL 1980).

Dank gebührt Herrn Prof. Dr. H. RISLER (Mainz) und Herrn Dr. K. KLEMMER (Frankfurt am Main) sowie dem Land Hessen und der Hessischen Gesellschaft für Ornithologie und Naturschutz für finanzielle und organisatorische Hilfe.

### Arbeitsmethoden

Als Untersuchungsbiotope wurden drei isolierte Laichbiotope der Erdkröte im hessischen Naturschutzgebiet Kühkopf-Knoblochsaue und ein Versuchsteich mit einem Kontrollteil und einem Prädationsteil (zusammen  $4 \times 3 \times 1$  m, cf. VIERTTEL 1980) gewählt.

Die Freilandbiotope sind alle etwa gleich groß (ca. 1000 m<sup>2</sup>). Der Kälberteich ist von Auwald fast gänzlich umschlossen, der Köpfchenweiher ist nach Norden hin offen und der Teich an der Fasanerie liegt im Offenland, wobei der Wald etwa 150 m entfernt ist. Konkurrenz durch andere Anuren-Arten kann nahezu ausgeschlossen werden, da nur 1976 Larven von *Rana arvalis* (nur ca. zehn Kaulquappen) beobachtet wurden.

#### Längenwachstum, Gewichtsveränderung, Gewichtszustandswert und Ätilität

Wöchentlich wurden 50 Larven (in späteren Stadien nur 25) in 30/oigem Formol fixiert und zur Untersuchung des Längenwachstums, der Gewichtszunahme, des Gewichtszustandswertes der Entwicklungsstadien (Ätilität) und des Nahrungsspektrums einbehalten.

Von den vorhandenen Normentafeln erschien diejenige von LIMBAUGH & VOLPE (1957) über die Entwicklung von *Bufo valliceps* als am besten verwendbar. Der Verfasser hielt im gegebenen Falle die Einführung von Zwischenstadien für sinnvoll, wie zum Beispiel 29 fr. (früh) oder 29 sp. (spät). Zur Berechnung der Ätilitäten der verschiedenen Larvalpopulationen mußte die Differenzierung mathematisiert werden: 28.6 für 29 fr. und 29.4 für 29 sp. Dies entspricht jeweils einer Erniedrigung oder Erhöhung um 0.4. Bei den Stadien 23 bis 25 sp. wurde vorwiegend Wert auf die Entwicklung der Opercula gelegt, da der Abbau des Haftapparates sehr stark variierte.

Die Bestimmung der Stadien und die Längenmessungen wurden unter einem Binokular mit Hilfe eines Meßokulars durchgeführt; die Larven wurden mit einer Feinwaage auf 0,1 mg genau gewogen. Um Fehlwägungen zu verhindern, wurde jedes Individuum zuvor auf Filterpapier gelegt und so von anhaftendem Formol befreit. Die ermittelten Ergebnisse gingen als Mittelwerte ( $\bar{x}$ ) je Probe mit den entsprechenden Standardabweichungen (s) in die Abb. 1, 2 und 3 ein.

Die Produktmomentkorrelation Länge/Gewicht ( $r_{Lc. - Gew.}$ ) wurde für jede Probe errechnet, die Korrelationen Stadium/Länge ( $r_{St. - Lc.}$ ) und Stadium/Gewicht ( $r_{St. - Gew.}$ ) je Biotop und Untersuchungsjahr. Der Vergleich der synchronen Mittelwerte der zu untersuchenden Biotope mit dem t-Test sicherte deren Unterschiede beziehungsweise die Gleichheit statistisch ab (CAMPBELL 1971, GOULDEN 1952, HASELOFF & HOFFMANN 1970, KOLLER 1969, SACHS 1974).

Die Mittelwerte, Standardabweichungen und Produktmomentkorrelationen wurden mit dem Advanced Programming Calculator Wang 700 (Programme Statistical Package 1971 A / St 5) errechnet.

Die Ermittlung des Gewichtszustandswertes b ist mit Hilfe der Funktion  $\log b = \log \text{Gewicht} - 3 \cdot \log \text{Länge}$  aus der Allometriegleichung  $\text{Gewicht} = b \cdot \text{Länge}^3$  ( $y = bx^a$ ) möglich (VON BERTALANFFY, BEIER & LAUE 1977, HEMMER & KADEL 1972). Die Integrationskonstante b beinhaltet alle Größen, die außer der Körperlänge die Variable Gewicht bestimmen. Daher ist sie als größenunabhängige Maßzahl des Gewichtszustandes (hier des Ernährungszustandes) verwendbar.

Tab. 1. Koeffizienten der Produktmomentkorrelation.  
l.c. = Gesamtlänge (body length), Gew. = Gewicht (weight), St. = Stadium (stage).  
Product moment value for correlation.

Kälberteich 1976	Köpfchenweiher 1976
r <sub>l.c.</sub> — Gew. = 0,99	r <sub>l.c.</sub> — Gew. = 0,99
r <sub>St.</sub> — l.c. = 0,98	r <sub>St.</sub> — l.c. = 0,97
r <sub>St.</sub> — Gew. = 0,96	r <sub>St.</sub> — Gew. = 0,97

Alle signifikant auf dem 1%-Niveau.

Teich an der Fasanerie 1977	Köpfchenweiher 1977
r <sub>l.c.</sub> — Gew. = 0,96	r <sub>l.c.</sub> — Gew. = 0,95
r <sub>St.</sub> — l.c. = 0,94	r <sub>St.</sub> — l.c. = 0,90
r <sub>St.</sub> — Gew. = 0,94	r <sub>St.</sub> — Gew. = 0,87

Alle signifikant auf dem 1%-Niveau.

Versuchsteich 1977

r <sub>l.c.</sub> — Gew. = 0,97
r <sub>St.</sub> — l.c. = 0,92
r <sub>St.</sub> — Gew. = 0,95

Alle signifikant auf dem 1%-Niveau.

## Die Nahrungsgrundlage und das Nahrungsspektrum

### a) Das Plankton

Zur Entnahme der Planktonproben wurden mit einer 100-ml-Vollpipette jeweils in der Flachwasserzone an fünf Stellen zusammen 500 ml Teichwasser entnommen, an Ort und Stelle filtriert (Papierfilter Marke Seleka der Firma Schleicher & Schüll No 595,  $\phi$  125 mm) und in 3%igem Formol fixiert. Die Untersuchung des Darminhaltes der Larven machte die Präparation des vorderen Darmabschnittes (cf. BARRINGTON 1946) bis in die Höhe des caudalen Endes des Pankreas erforderlich. Dieser Darmabschnitt wurde in etwa zehn Stücke zerschnitten und im Homogenisator (Type ho/e der Firma Edmund Bühler) bei 2000 Umdrehungen/Minute ausgespült. Wie Vorversuche gezeigt hatten, blieben bei dieser Behandlung auch sehr fragile Plankter wie zum Beispiel *Synedra* unbeschädigt. Jede Probe stammte von fünf Tieren, die gleichzeitig mit den Planktonproben den Teichen entnommen worden waren.

Die Auszählung der Proben erfolgte im umgekehrten Mikroskop nach UTERMÖHL (1958). Als Zählkammer diente eine Petrischale aus Plexiglas (Innendurchmesser 85 mm, Grundfläche 5675 mm<sup>2</sup>), deren Boden von außen mit einem 5 × 5-mm-Gitter versehen war. Ausgezählt wurden jeweils 100 (= 2500 mm<sup>2</sup>) dieser Quadrate, was einem Flächenanteil von 44,05% entspricht. Zur Bestimmung der Formen wurden DIPPEL (1904), GROSPIETSCH (1972), HUSTEDT (1909), LINDAU (1926), RUTTNER-KOLISKO (1972) und RYLOV (1935) herangezogen.

Die Gesamtzahl der bestimmten Organismen wurde zur besseren Vergleichbarkeit in Promille-Anteile je Form umgerechnet.

Die Größenmessung der Plankter mit dem Meßokular (10faches Meßokular, Gesamtvergrößerung  $10 \times 40$ ), ermöglichte die Untersuchung der Frage, ob die Larven die Nahrung nach ihrer Größe selektiv filtrieren. Zur statistischen Auswertung wurden Größe und Promille-Anteil pro Planktonform gegenübergestellt und jeweils je Biotop und Untersuchungsjahr die Korrelation mit dem Rangkorrelationskoeffizienten  $\tau$  nach KENDALL (CAMPBELL 1971) überprüft. In der Tab. 4 ist  $r_{KDG}$  der Zusammenhang Plankteranteil im Darm und deren Größe,  $r_{KTG}$  der Zusammenhang Plankteranteil im Teich und deren Größe. Als  $r_{KTD}$  gilt der Zusammenhang der Anteile der einzelnen Formen in Teich und Darm. Weiterhin zeigt der multiple Korrelationskoeffizient, wie  $r_{KDG}$  von den Zufallsvariablen  $r_{KDT}$  und  $r_{KTG}$  abhängt (SACHS 1974).

Eine weitere Möglichkeit eröffnete sich durch die Beschränkung auf die fünf häufigsten Planktonformen, die oft über zwei Drittel der gesamten Probe ausmachen. Zusammen mit ihrer Größe wurden dann jeweils die Formen der sich entsprechenden Darm- und Gewässerproben gegenübergestellt und die verschiedenen häufigen Repräsentationen ermittelt. Zusammengefaßt sind diese Ergebnisse in der Tab. 3.

Tab. 2. Häufigkeit von Planktonformen im Darm.

Frequency of plankton in the gut.

Im Darm überrepräsentiertes Plankton	Häufigkeit der Fälle	Planktongröße [ $\mu\text{m}$ ]	Im Darm unterrepräsentiertes Plankton	Häufigkeit der Fälle	Planktongröße [ $\mu\text{m}$ ]
<i>Navicula</i> , groß	9	53	<i>Synedra</i>	9	110/158
<i>F. virescens</i> , klein	7	27	<i>F. capucina</i>	4	100
<i>Nitzschia</i>	6	25	<i>Microcystis</i>	3	58/40
<i>Scenedesmus</i>	5	25	<i>Peridinium</i>	3	50
<i>Navicula</i> , klein	5	18	<i>Gloeocapsa</i>	2	100
Fadenalgen	3	—	<i>Thecamoeba</i>	2	117
<i>D. elongatum</i>	3	63	Fadenalgen	2	—
<i>Merismopedia</i>	3	30	<i>Dinobryon</i>	2	33
<i>Trachelomonas</i>	2	28	<i>Lepocinclis</i>	2	33
<i>F. crotonensis</i>	2	50	<i>Volvox</i>	1	200
<i>F. capucina</i>	1	75	<i>Phacus</i> , groß	1	92
<i>Phacus</i> , klein	1	42	<i>F. crotonensis</i>	1	143
<i>Microcystis</i>	1	40	<i>Pinnularia</i>	1	92
<i>Epithemia</i>	1	37	Ciliata	1	63
<i>Stauroneis</i>	1	30	<i>F. virescens</i>	1	50
<i>Coelastrum</i>	1	25	<i>Anabaena</i>	1	42
<i>Cymbella</i>	1	20	<i>Scenedesmus</i>	1	40
<i>Coelosphaerium</i>	1	20	<i>Eudorina</i>	1	40
<i>Cosmarium</i>	1	10	<i>Trachelomonas</i>	1	28
			<i>Closterium</i>	1	25
			<i>Coelosphaerium</i>	1	20
			<i>Navicula</i> , klein	1	18

## Die abiotischen Faktoren

Arbeitsmethoden und Ergebnisse sind bei VIERTEL (1980) dargestellt.

### Ergebnisse

Längenwachstum, Gewichtszunahme, Gewichtszustandswert und Ätilität

#### Köpfchenweiher 1976 und Kälberteich 1976

Die Mittelwerte von Längenwachstumsrate und Gewichtszunahmen sind mit Ausnahme der Zeit vom 1. VI. bis 3. VI. (Gewichtszunahme) signifikant verschieden (t-Test), wenn die Proben jeweils derselben Woche verglichen werden (signifikant auf dem 0,01%- oder 0,1%-Niveau). Dabei ist während der beginnenden Metamorphose eine Annäherung der Kälberteich-Werte an diejenigen der Population aus dem Köpfchenweiher zu bemerken. Ebenso werden beide Kurven in diesem Bereich flacher und fallen sogar ab. Geringe Signifikanz treten beim Abtragen dieser Mittelwerte gegen die durchschnittlichen Entwicklungsstadien (stadiensynchron) auf (Abb. 1a). Das heißt, daß die Verschiedenheit der Mittelwerte in diesen Fällen statistisch nicht abgesichert ist. Hinzu kommt ein Überschneiden im Stadium 30.5 (Längenwachstum) und 34.7 (Gewichtszunahme). Die Maxima liegen für beide Populationen im Bereich des Stadiums 36. Das Abflachen und die negative Steigung (= Längen- und Gewichtsverlust) im Bereich der beginnenden Metamorphose ist auch hier festzustellen, ebenso wie die geringeren Unterschiede in den frühen Larvalstadien (Stadium 26.2). Der Gewichtszustandswert der Larven aus der Kälberteich-Population liegt bei stadiensynchroner Abtragung deutlich unter dem der Köpfchenweiher-Population (Abb. 1c). Deutlich ist bei beiden Populationen ein Ansteigen im Bereich des Stadiums 29 festzustellen. Einer auffälligen Verringerung beim Stadium 34.6 (Köpfchenweiher) und Stadium 33.4 (Kälberteich) folgt eine geringere Abnahme zur Metamorphose hin. Die Maxima liegen unterschiedlich (St. 27 und ca. St. 32 sp.). Abb. 1d zeigt das gleiche Bild, nur treten die entsprechenden Werte der Kälberteich-Larven um etwa fünf Tage früher auf als die der Köpfchenweiher-Larven.

Die Standardabweichungen der Mittelwerte der Stadien (Abb. 1e) werden meist zum Ende der Larvalentwicklung hin größer. Dies zeigt ein wachsendes Divergieren der Entwicklungsstadien innerhalb der Populationen an.

#### Köpfchenweiher 1977 und Teich an der Fasanerie 1977

Der Verlauf der Kurven ist hinsichtlich der Mittelwerte von Längenwachstum und Gewichtszunahme bis zum Stadium 28 ähnlich. Danach wird der Anstieg steiler und die Unterschiede werden größer. Diese Teile der Kurven sind, wie bei den Abundanzen, durch Knicke im Bereich der Stadien 28/29 voneinander unterschieden, was ein überaus schnelles Wachstum und schnelle Gewichtszunahme im Bereich der Stadien 28/29 anzeigt (Abb. 2a, b). Ebenso

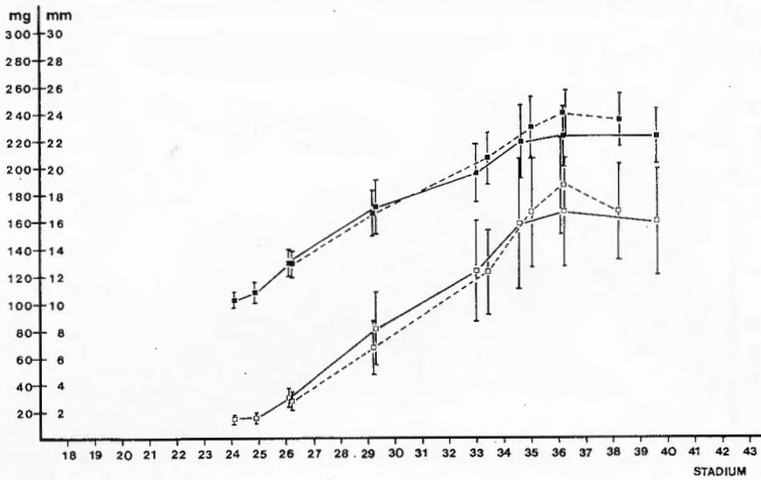


Abb. 1a. Längenwachstum und Gewichtszunahme 1976, abgetragen gegen die Entwicklungsstadien.

Growth and weight 1976 plotted against the stages.

Körperlänge, body length, —■— Köpfchenweiher, - - - ■ - - - Kälberteich.  
Gewicht, weight, —□— Köpfchenweiher, - - - □ - - - Kälberteich.

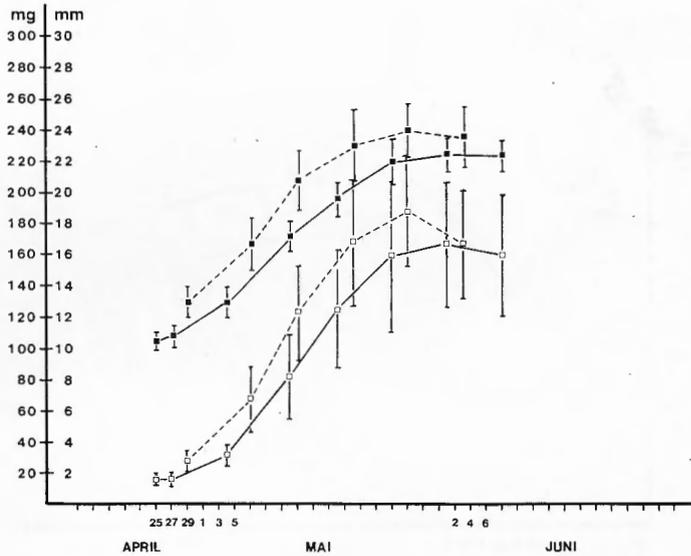


Abb. 1b. Längenwachstum und Gewicht 1976, abgetragen gegen das Probedatum.

Growth and weight 1976 plotted against the date.

Körperlänge, body length, —■— Köpfchenweiher, - - - ■ - - - Kälberteich.  
Gewicht, weight, —□— Köpfchenweiher, - - - □ - - - Kälberteich.

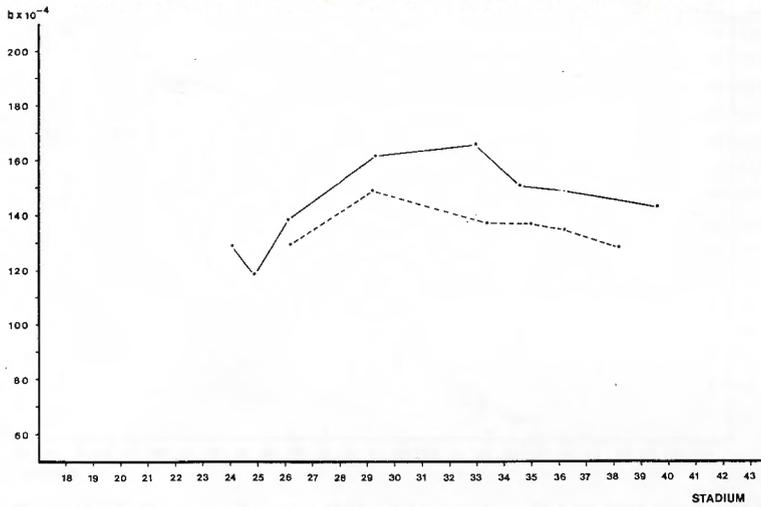


Abb. 1c. Gewichtszustandswert 1976, abgetragen gegen die Entwicklungsstadien.  
 Weight condition 1976 plotted against the stages.  
 — Köpfchenweiher; --- Kälberteich.

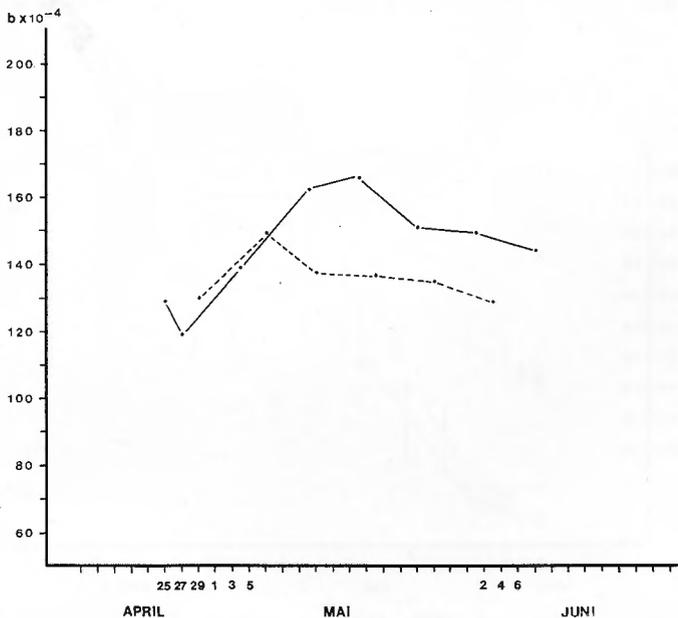


Abb. 1d. Gewichtszustandswert 1976, abgetragen gegen das Probedatum.  
 Weight condition 1976 plotted against the date.  
 — Köpfchenweiher; --- Kälberteich.

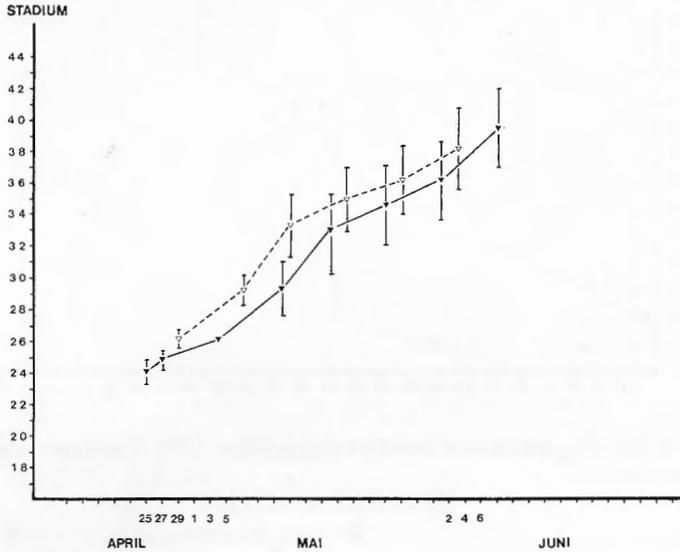


Abb. 1e. Ätilität 1976. Aetility 1976.  
 ——— ▼ ——— Köpfchenweiher; - - - - ▼ - - - - Kälberteich.

überschreiten die Mittelwerte der Population aus dem Köpfchenweiher in diesem Bereich diejenigen aus dem Teich an der Fasanerie (Abb. 2a, b).

Die Unterschiede der Mittelwerte für das Längenwachstum (t-Test) sind mit Ausnahme der Proben vom 27. IV. hoch signifikant verschieden, für die Gewichtszunahme gilt dies ohne Ausnahme (signifikant auf dem 0,01%-Niveau). Bei der stadiensynchronen Darstellung der Mittelwerte sind die Unterschiede in allen Fällen hoch signifikant (0,01%-Niveau). Das Erreichen des maximalen Längenwachstums und Gewichtes (Köpfchenweiher St. 39, Teich an der Fasanerie St. 37 sp.) ist durch steilen Abstieg der Kurve sehr viel deutlicher ausgeprägt als bei der Untersuchung von Köpfchenweiher und Kälberteich 1976. Dies gilt auch für das Abfallen der Kurven bei der beginnenden Metamorphose. Wiederum überschreiten die Gewichtszustandswerte (b) der Population des Köpfchenweiher im Bereich des Stadiums 28/29 die Kurve der Population im Teich an der Fasanerie (Abb. 2c, d). Auffällig erscheint der große Unterschied in der Ausgangssituation für b in den beiden Populationen. Eine Annäherung der Gewichtszustandswerte der Populationen in der Vormetamorphose durch Abflachen der Kurven und ein Ansteigen etwa im Bereich des Höhepunktes der Metamorphose zeigen jedoch übereinstimmende Tendenzen. Hier liegen die Maxima (bei Vernachlässigung der Metamorphosestadien) im Bereich St. 30 fr. für den Köpfchenweiher und St. 32 sp. für den Teich an der Fasanerie.

Was die Entwicklungsgeschwindigkeit anbelangt, so ist bei den Stadien 20 und 38 die Divergenz am größten (Abb. 2e). Sie beträgt im Teich an der Fasanerie sechs Tage Entwicklungsvorsprung (St. 20) und im Köpfchenweiher zu beginnender Metamorphose (St. 38) maximal sogar sieben Tage.

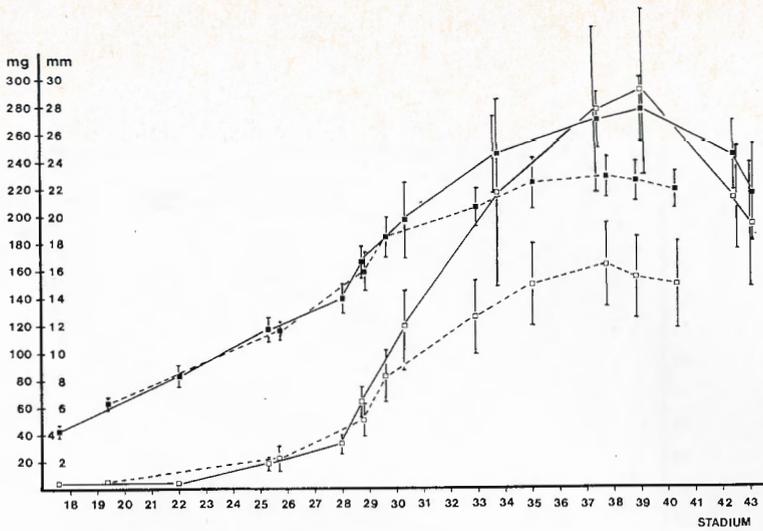


Abb. 2a. Längenwachstum und Gewichtszunahme 1977, abgetragen gegen die Entwicklungsstadien.

Growth and weight 1977 plotted against the stages.

Körperlänge, body length, —■— Köpfchenweiher, - - - ■ - - - Teich an der Fasanerie. Gewicht, weight, —□— Köpfchenweiher, - - - □ - - - Teich an der Fasanerie.

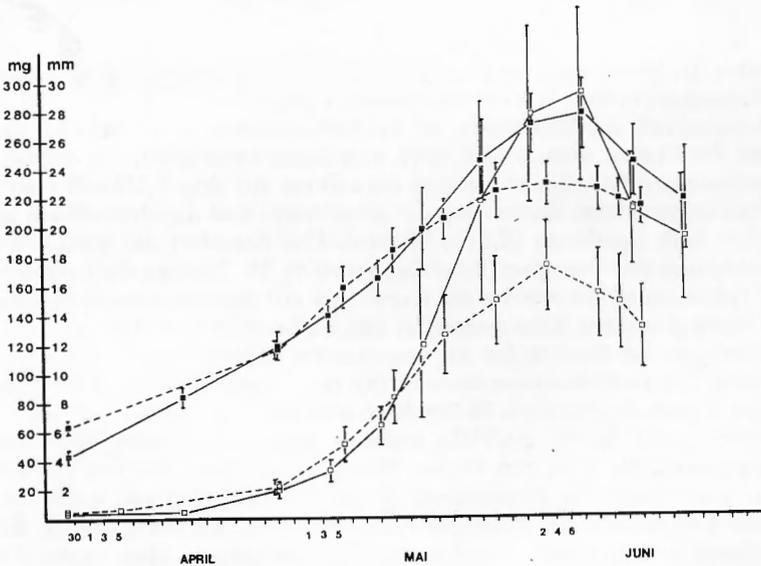


Abb. 2b. Längenwachstum und Gewichtszunahme 1977, abgetragen gegen das Probedatum.

Growth and weight 1977 plotted against the date.

Körperlänge, body length, —■— Köpfchenweiher, - - - ■ - - - Teich an der Fasanerie. Gewicht, weight, —□— Köpfchenweiher, - - - □ - - - Teich an der Fasanerie.

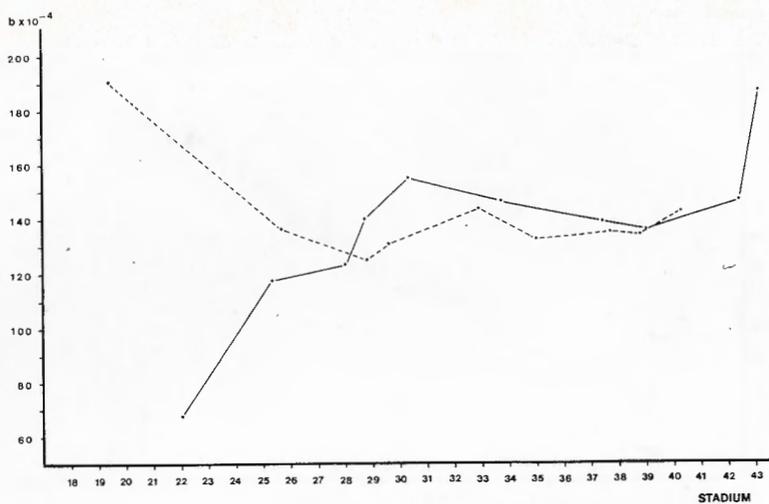


Abb. 2c. Gewichtszustandswert 1977, abgetragen gegen die Entwicklungsstadien.  
 Weight condition 1977 plotted against the stages.  
 — Köpfchenweiher; - - - Teich an der Fasanerie.

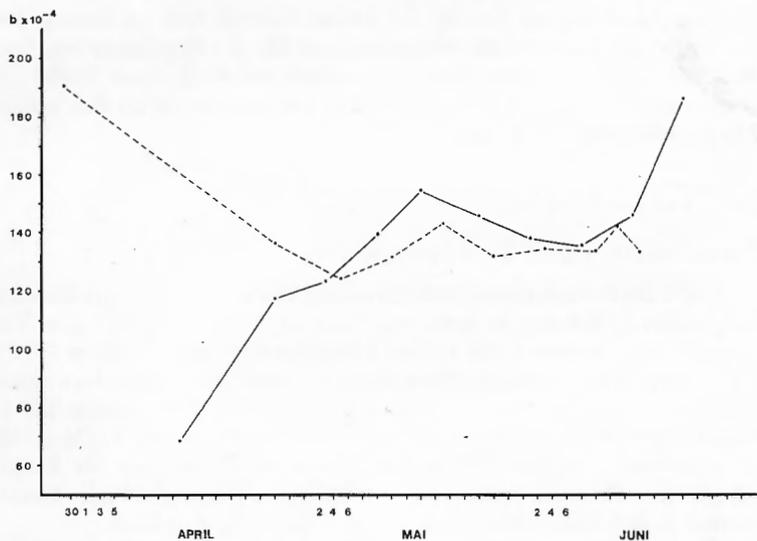


Abb. 2d. Gewichtszustandswert 1977, abgetragen gegen das Probedatum.  
 Weight condition 1977 plotted against the date.  
 — Köpfchenweiher; - - - Teich an der Fasanerie.

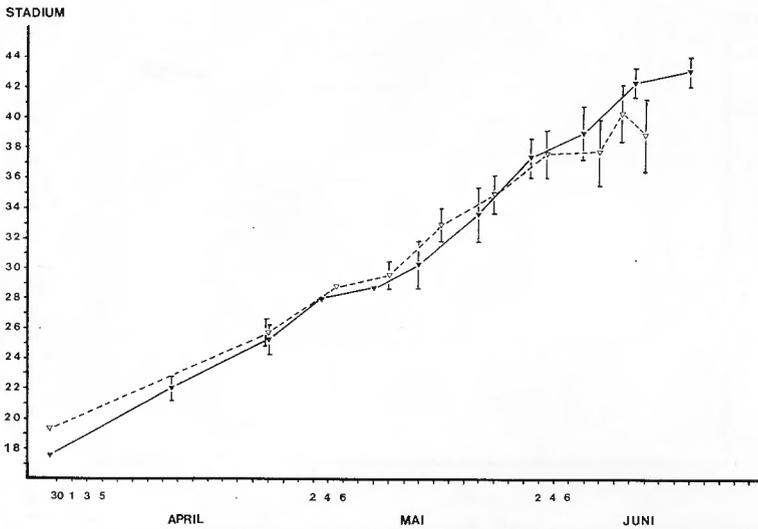


Abb. 2e. Ätilität 1977. Aetivity 1977.

—— ▽ —— Köpfchenweiher; - - - ▽ - - - Teich an der Fasanerie.

Eine Änderung im Anstieg der beiden Kurven fällt im Bereich der Stadien 28 bis 29 und während der Metamorphose für die Population im Teich an der Fasanerie auf. Die Divergenz der Stadien innerhalb einer Probe (Standardabweichung der Mittelwerte der Stadien) ist geringer als bei den vorangegangenen Populationen (Abb. 2e).

## Der Versuchsteich

### Kontrollteil und Prädationsteil

Die Längenwachstums- und Gewichtszunahmekurven unterscheiden sich in den beiden Teilen nur in wenigen Fällen signifikant (t-Test). Der Verlauf der Kurven zeigt während der frühen Larvalentwicklung (Stadium 27.5 bis 29.1) ein rapides Längenwachstum, verbunden mit einer ebensolchen Gewichtszunahme, an (Maxima bei St. 36/37). Das gleiche gilt für den Anstieg des Gewichtszustandswertes  $b$ . Die Maxima liegen im Bereich der St. 35/36 (Abb. 3c, d). In allen drei genannten Fällen übergipfeln die Proben aus der Kontrolle diejenigen des Prädationsteiles nur geringfügig. Die beginnende Metamorphose kommt in den besprochenen Kurven ebenfalls zum Ausdruck.

Die Entwicklungsgeschwindigkeiten sind nur in zwei Fällen signifikant unterschiedlich (t-Test). Im übrigen sind sie nahezu gleich (Abb. 3e). Die Divergenz der Stadien liegt innerhalb der einzelnen Proben im großen und ganzen zwischen denjenigen der schon besprochenen Populationen.

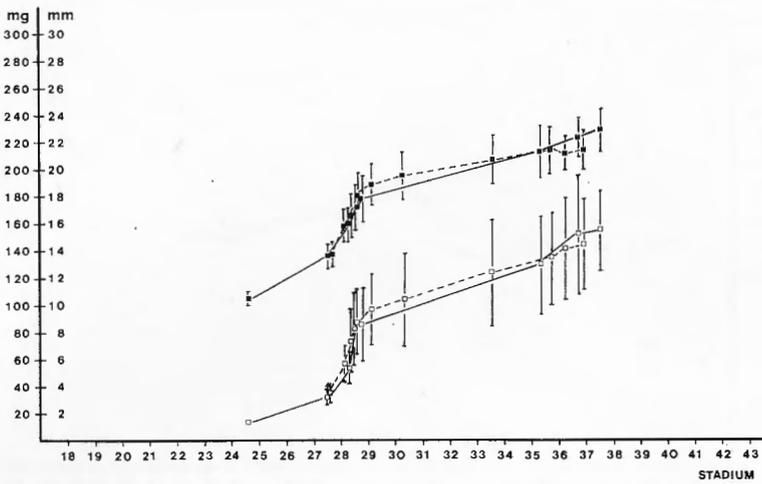


Abb. 3a. Längenwachstum und Gewichtszunahme 1977 im Versuchsteich, abgetragen gegen die Entwicklungsstadien.

Growth and weight 1977 in the experimental pond plotted against the stages.

Körperlänge, body length, ———■——— Prädationsteil, - - - ■ - - - Kontrollteil. Gewicht, weight, ———□——— Prädationsteil, - - - □ - - - Kontrollteil.

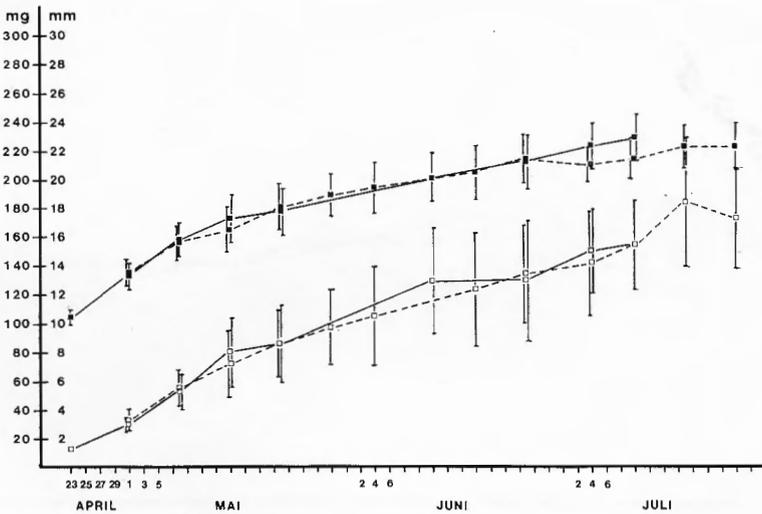


Abb. 3b. Längenwachstum und Gewichtszunahme 1977 im Versuchsteich, abgetragen gegen das Probedatum.

Growth and weight 1977 in the experimental pond plotted against the date.

Körperlänge, body length, ———■——— Prädationsteil, - - - ■ - - - Kontrollteil. Gewicht, weight, ———□——— Prädationsteil, - - - □ - - - Kontrollteil.

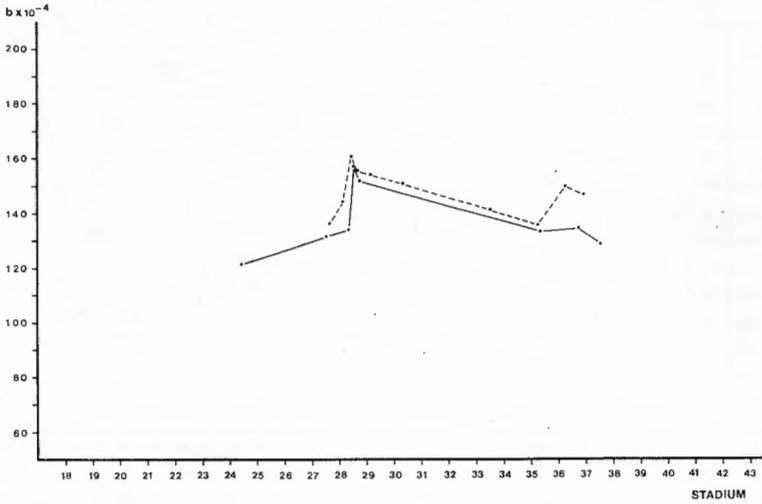


Abb. 3c. Gewichtszustandswert 1977 im Versuchsteich, abgetragen gegen die Entwicklungsstadien.

Weight condition 1977 in the experimental pond plotted against the stages.

— Prädationsteil; - - - Kontrollteil.

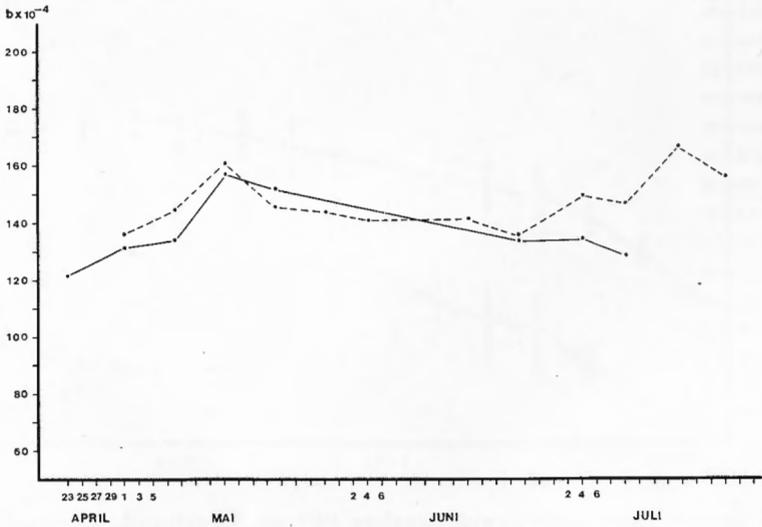


Abb. 3d. Gewichtszustandswert 1977 im Versuchsteich, abgetragen gegen das Probedatum.

Weight condition 1977 in the experimental pond plotted against the date.

— Prädationsteil; - - - Kontrollteil.

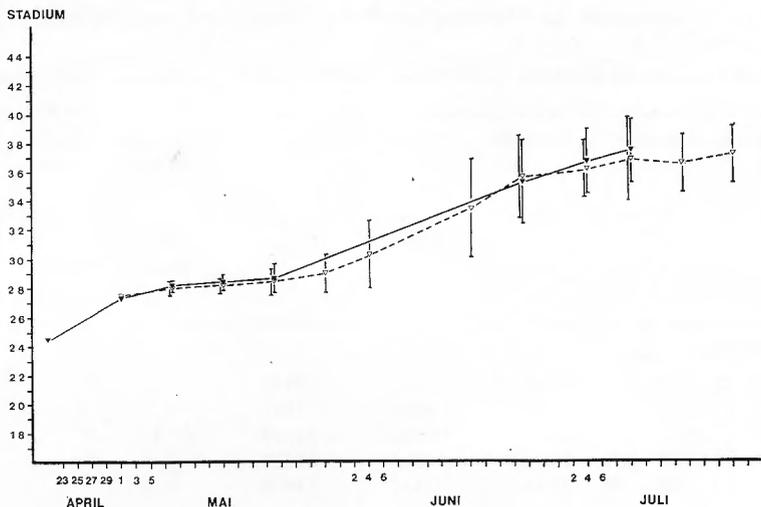


Abb. 3e. Ätilität 1977 im Versuchsteich. Aetility 1977 in the experimental pond.  
 ——— ▽ ——— Prädationsteil; - - - ▽ - - - Kontrollteil.

## Die Nahrungsgrundlage und das Nahrungsspektrum

### Das Plankton aus den Untersuchungsgewässern

Die gefundenen Planktonformen deuten in allen Gewässern auf die Wassergüteklasse II (Beta-mesosaprobe Zone) hin (KLEE 1975, LIEBMAN 1962, NAUMANN 1932). Auch der Kälberteich 1976 macht dabei keine Ausnahme, obgleich das auf Grund der hohen Verlandung hätte der Fall sein können. Die relativ geringe Planktondichte zeigt jedoch, daß der Übergang zur Wassergüteklasse III (Alpha-mesosaprobe Zone) weit näher ist als in den anderen Biotopen. Die wasseranalytischen Werte (VIERTEL 1980) zeigen die gleiche Tendenz. Die anfänglich geringe Dichte im Versuchsteich erklärt sich durch das geringe Alter des künstlichen Gewässers und die daher noch im Aufbau befindliche Biozönose, was an Hand der steigenden Formen- und Individuenzahlen verfolgt werden kann.

### Das Plankton aus dem Darmtrakt

Aus Tab. 2 geht hervor, daß im Darm der Larven fünf Plankton-Arten besonders häufig vorkommen. Offensichtlich treffen die Larven eine Auswahl, wobei die Größe der Plankter möglicherweise eine Rolle spielt. Der KENDALL-Rangkorrelationskoeffizient, der alle Planktonformen in der Probe erfaßt (Tab. 4), ergibt einen geringen bis mittleren Zusammenhang zwischen der Planktonmenge im Darm pro Planktonform und deren Größe im Darm. Zwi-

Tab. 3. Gesamtzahl des Planktons pro Probe (Biotop) und seine Aufnahme durch die Larven.

Total number of plankton in the sample (biotop) and the reception by the tadpoles.

Biotop, Datum	Stadium	Gesamtzahl/ Probe (Gewässer)	Gesamtzahl/ Probe (Darm)	Anteil der fünf am häufigsten aufgenommenen Plankter; Anteil größer (+) oder kleiner (-), kein Unterschied (+ -)	
				Darm	Gewässer
<b>Köpfchenweiher</b>					
2. VI. 1976	38 sp.	11547	9110	--	+
10. VI. 1976	40 sp.	9547	3551	-	+
25. V. 1977	35	29960	12509	(-)	+
8. VI. 1977	SW 38 fr.	8266	18258	+ -	+
8. VI. 1977	W 40 fr.	13440	14608	+ -	+
<b>Kälberteich</b>					
3. VI. 1976	39	1528	7830	--	+
10. VI. 1976	40 sp.	1398	5040	-	+
<b>Fasanerie</b>					
5. V. 1977	29	21572	3324	-	+
28. V. 1977	37	17268	8667	-	-
8. VI. 1977	38	22325	7176	-	-
<b>Versuchsteich</b>					
5. V. 1977	29	1659	3957	-	+
28. V. 1977	29 sp.	5576	13483	(-)	+
8. VI. 1977	31	8189	12839	+ -	+ -
23. VII. 1977	38	18892	18416	+ -	+ -

schen der Planktendichte im Gewässer und der Größe der Plankter ist der Zusammenhang weit geringer. Daraus folgt, daß die Beziehung zwischen dem Angebot im Teich und dem festgestellten Spektrum im Darm nicht hoch sein kann. Der multiple Korrelationskoeffizient  $r_{KDG, KDT, KTG}$  zeigt, abgesehen von den ersten beiden Proben aus dem Teich an der Fasanerie, mittlere Korrelationen.

#### Die weitere Nahrungsgrundlage

Abgesehen von den ersten Proben (17. V.) aus dem Köpfchenweiher und Kälberteich, beträgt in den Freilandbiotopen der organische Gehalt des Teichwassers und des Detritus über 30 ppm. (Tab. 5). Der Versuchsteich hat, abgesehen von der ersten Probe (16. V.), geringere Werte.

Die Teichböden der untersuchten Demotope zeichnen sich durch verschiedenen organischen Gehalt aus (Abb. 4), wobei aber nur die Probe aus der S-Ecke des Köpfchenweiher besonders herausragt.

Abgeissene Teile höherer Pflanzen sind in größerer Zahl nur in den Darmproben der Köpfchenweiher-Larven (1976 und 1977) und weniger häufig in denjenigen vom Kälberteich 1976 zu finden.

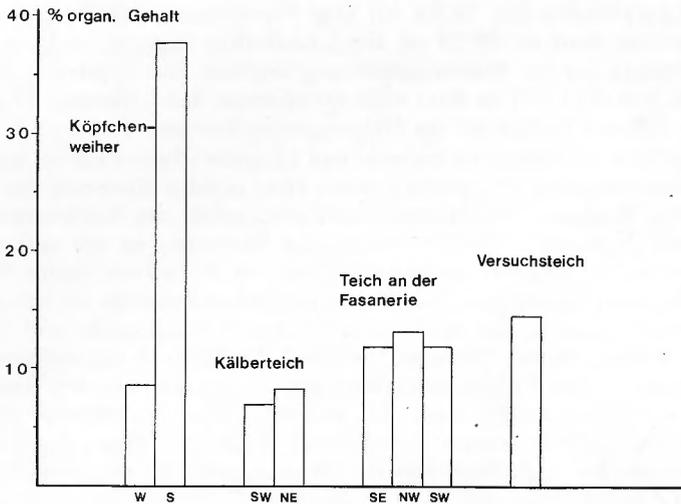


Abb. 4. Der organische Gehalt des Bodensubstrates in den Untersuchungsgewässern.  
The organic content of the substratum in the investigated ponds.

### Diskussion

Längenwachstum, Gewichtszunahme, Gewichtszustandswert und Ätilität

SAVAGES (1952) Gewichtszunahmekurven von *Rana temporaria* und *Bufo bufo* zeigen ähnliche Anstiegsänderungen wie die entsprechenden Kurven und die Längenwachstumskurven bei dem Material aus dem Köpfchenweiher 1977, dem Teich an der Fasanerie 1977 und dem Versuchsteich während des Stadienbereiches 28/29, ferner nochmals aus dem Köpfchenweiher 1976 und 1977, dem Teich an der Fasanerie 1977 und dem Kälberteich 1976 in der Prometamorphose bei jeweils stadiensynchroner Abtragung. Inwieweit diese Angaben miteinander übereinstimmen, läßt sich nur vermuten, da hier nur gegen die Probedaten und nicht gegen die Stadien abgetragen wurde.

Die Tatsache, daß im Stadienbereich 28/29 bei der vorliegenden Untersuchung der steilere Kurvenanstieg nur bei der Abtragung gegen die Stadien

besonders augenfällig ist, beweist eine Entwicklungsverzögerung mit jedoch weiter anhaltendem (Versuchsteich) oder nur wenig verzögertem Längenwachstum und Gewichtszunahme (Köpfchenweiher 1976, 1977 und Kälberteich 1976). Diese Intensitätsänderungen fallen für die hier diskutierten Parameter wiederum mit Änderungen in der Physiologie der Larven zusammen. Die Änderung der Herzfrequenz in diesen Stadienbereichen ist für *Bufo calamita* und *Rana temporaria* bekannt (JAEGER 1968). Weiter stellen die Untersuchungsergebnisse von ALTIG & al. (1975) fest, daß *Rhinophrynus dorsalis* und *Bufo woodhousei* in frühen Larvalstadien (St. 26 bis 30) kein Pepsin produzieren. Hinzu kommt, daß erst vom Stadium 28/29 an alle Labialzähne angelegt sind, was eigene Beobachtungen bei der Stadienbestimmung ergaben. Die Ergebnisse von LIMBAUGH & VOLPE (1957) an *Bufo valliceps* stimmen damit überein. Es ist anzunehmen, daß dies Einfluß auf die Nahrungsaufnahme hat.

Der Abfall der Gewichtszunahme- und Längenwachstumskurven im Bereich der Prometamorphose fällt zusammen mit einer rapiden Änderung der Gestalt: vermehrtes Wachstum der Hinterextremitäten, später der Vorderextremitäten und deren Durchbruch. Die Verkürzung des Schwanzes ist erst später zu beobachten (St. 43) und hat mit Sicherheit nur bei der jeweils letzten Probe zu diesem Ergebnis beigetragen. Von den anatomischen Befunden sei nur der Verdauungstrakt genannt, der nicht zuletzt auch eine histologische und physiologische Wandlung erfährt (BARRINGTON 1946). In diesem Zusammenhang ist die anwachsende Pepsin-Produktion interessant, die zeitlich mit dem Durchbruch der Vorderextremitäten (ab St. 41 fr.) zusammenfällt (BARRINGTON 1946). Die Tatsache, daß bei den anderen Populationen diese Änderungen des Wachstums nicht festzustellen sind, zeigt auch die Abhängigkeit von exogenen Einflüssen. Im Köpfchenweiher unterscheiden sich sogar die Ergebnisse von Untersuchungs-jahr zu Untersuchungs-jahr und noch mehr die Population im Köpfchenweiher 1977 von derjenigen im Versuchsteich, wobei diese, wie eingangs beschrieben, als Laich aus dem Köpfchenweiher eingebracht wurde. Auf SAVAGES Gewichtskurven von *Bufo bufo* trifft dies ebenfalls zu. Dies betrifft nicht nur die oben genannte Abhängigkeit, sondern auch die offensichtlich geringe genetische Beeinflussung der untersuchten Parameter im untersuchten Rahmen. Bestärkt wird diese Auffassung durch die Tatsache, daß sich die Tiere aus verschiedenen Biotopen in den frühen Stadien in Länge und Gewicht viel weniger voneinander unterscheiden. Um so mehr erhebt sich die Frage nach der Art der exogenen Einflüsse.

### Nahrungsangebot und Nahrungsaufnahme

Da von mitteleuropäischen Anurenlarven bekannt ist, daß sie sowohl Substratfresser sind als auch filtrieren, das heißt, Detritus und Plankton aufnehmen, wie es SAVAGE (1952) für *Rana temporaria* und *Bufo bufo* beschreibt und BUGAYSKI (1940) für *Rana arvalis*, müssen die verschiedenen Nahrungsquellen diskutiert werden. Die Larven von *Bufo bufo* und *Rana temporaria* sollen nach KRIZENECKY (1924, 1925) und ESAKI (1926) auch im Wasser gelöste organische Substanz durch die Haut und die Kiemen aufnehmen. Dies könnte für die Unter-

Tab. 4. Plankton, KENDALL-Rangkorrelationskoeffizient ( $r_K$ ) und multipler Korrelationskoeffizient. ( $r_{K_1 K_2 K_3}$ ), Zusammenhang von Angebot im Teich (T), der Aufnahme in den Darm (D) und seiner Größe (G).

Plankton, KENDALLS value of rank correlation ( $r_K$ ) and the value of multiple correlation. ( $r_{K_1 K_2 K_3}$ ), correlation of supply in the pond (T) and reception in the gut (D) and the length of the plankton (G).

Datum	Biotop	Larval- Stadium	$r_{KDG}$	Maß- zahl	Signi- fikanz zwei- seitig	$r_{KTG}$	Maß- zahl	Signi- fikanz	$r_{KTD}$	Maß- zahl	Signi- fikanz	$r_{KDG},$ $r_{KDT},$ $r_{KTG}$
5. V. 1977	V.-Teich	29	-0,36	1,732		-0,04	0,197		0,42	2,161		0,29
28. V. 1977	V.-Teich	29 sp.	-0,37	2,551	5 %	-0,27	1,988	5%	0,69	6,929	0,1%	0,72
8. VI. 1977	V.-Teich	31	-0,49	2,904	1 %	-0,39	2,453	5%	0,44	2,667	1 %	0,56
23. VII. 1977	V.-Teich	38	-0,56	3,291	0,1%	-0,53	3,261	1%	0,64	4,060	0,1%	0,69
2. VI. 1976	Köpfchenweiher	38 sp.	-0,46	3,399	0,1%	-0,18	1,393		0,38	2,773	1 %	0,55
10. VI. 1976	Köpfchenweiher	40 sp.	-0,38	2,710	1 %	-0,08	0,583		0,30	2,212	5 %	0,65
25. V. 1977	Köpfchenweiher	35	-0,35	2,627	1 %	-0,06	0,486		0,54	4,121	0,1%	0,62
8. VI. 1977	Köpfchenweiher SW-Ecke	38 fr.	-0,28	2,074	5 %	-0,08	0,612		0,40	2,945	1 %	0,47
8. VI. 1977	Köpfchenweiher W-Ecke	40 fr.	-0,23	1,605		0,15	0,245		0,41	2,884	1 %	0,50
3. V. 1976	Kälberteich	39	-0,45	3,676	0,1%	-0,002	0,014		0,38	3,133	1 %	0,59
10. VI. 1976	Kälberteich	41 fr.	-0,46	3,425	0,1%	-0,10	0,713		0,39	2,974	1 %	0,57
5. V. 1977	Fasanerie	29	-0,27	1,8		-0,02	0,112		0,20	1,373		0,33
28. V. 1977	Fasanerie	37	-0,29	1,628		-0,07	0,416		0,18	1,103		0,33
8. VI. 1977	Fasanerie	38	-0,47	3,222	1 %	-0,19	1,331		0,28	1,984	5 %	0,51

D = Anzahl der einzelnen Planktonformen im Darm.  
T = Anzahl der einzelnen Planktonformen im Teich.  
G = Größe der einzelnen Planktonformen.

suchung des Wachstums von Bedeutung sein. Da aber der Kaliumpermanganatverbrauch keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Gewässern ergab, war dieser Faktor zu vernachlässigen.

Wie ohne Schwierigkeiten beobachtet werden kann, und wie es von der Morphologie des Mundfeldes her verständlich ist, nehmen einheimische Anurenlarven auch höhere Pflanzen oder deren Teile auf.

### Das Plankton

Die Bevorzugung von Planktern um etwa 25  $\mu\text{m}$  gegenüber den um und über 100  $\mu\text{m}$  großen Formen sowie ein indifferentes Verhalten bei Größen um 50  $\mu\text{m}$  ist zum Teil mit dem von SAVAGE (1952) entworfenen mechanischen Funktionsmodell für die Nahrungsaufnahme bei *Rana temporaria* und *Bufo bufo* erklärbar: In paarigen Taschen hinter dem Velum werden dorsal Nahrungspartikel eingesammelt und mittels paariger Schleimstränge von dort in den Ösophagus transportiert (cf. auch DODD 1950 bei *Rana temporaria* und *Bufo bufo*). Schon BLES (1905) beschrieb bei *Xenopus laevis* an dieser Stelle mit Cilien besetzte und von *Chlamydomonas* grün gefärbte Gruben mit ebensolchen grünen Verbindungen zum Ösophagus. Die Untersuchungen von KRATOCHWILL (1933) ergaben bei *Bombina variegata*, *Rana temporaria* und *Bufo bufo* in der Höhe der Schleimstränge Ansammlungen von Futterpartikeln. Die Aussage von SAVAGE (1952), daß die Effektivität des Transportes der Nahrungspartikel auf den Schleimsträngen mit ihrer Größe geringer wird, macht das ermittelte Ergebnis verständlich. Die von ihm diskutierte Möglichkeit des Auszentrifugierens der Partikel durch Wirbelbildungen im Wasserstrom, hauptsächlich durch das dorsale Velum, scheint dem zu widersprechen, da hier die größeren und schwereren Partikel vermehrt gesammelt würden. SAVAGE bezweifelt in diesem Zusammenhang die Rolle der Kiemen bei *Rana temporaria* und *Bufo bufo* als Filter.

Die offensichtliche Bevorzugung bestimmter Plankter durch die Erdkrötenlarven wird möglicherweise durch die SAVAGESche Vorstellung von einer zweifachen Wirkungsweise erklärbar. Man wird dies weiteren Untersuchungen unterziehen müssen, um ein genaueres Bild ihrer Funktion zu bekommen.

Die mittleren Korrelationen von  $r_{\text{KDG}}$  (KENDALL-Rangkorrelationskoeffizient) weisen zusammen mit dem niedrigen  $r_{\text{KTG}}$  und dem wiederum mittleren multiplen Korrelationskoeffizienten auf eine Bevorzugung bestimmter Nahrungsgrößen hin, wobei andere Größen nur vermindert aufgenommen werden, jedoch nicht ausgeschlossen sind. Inwieweit auch die Form (ob kugel- oder stabförmig) der Plankter eine Rolle dabei spielt, wurde nicht beachtet, ebensowenig der Einfluß der Chemorezeption (cf. OKSCHE & UECK 1976). Für die sessilen Formen gilt ebenso das vorher Gesagte, da nach dem Abraspeln durch die Larven diese Organismenteile in gleicher Weise wie die Plankter aufgenommen werden müssen. Überraschenderweise wurden im Darm außer *Cymbella* (Teich an der Fasanerie 1977) unter den fünf häufigsten Formen sonst keine sessilen Arten nachgewiesen. Dies gibt natürlich der Diskussion über die Abhängigkeit der Wachstumsraten von Planktonangebot und der Aufnahme desselben ein besonderes Gewicht. Da bestimmte Planktongrößen bevorzugt werden, erhebt sich die Frage nach der Repräsentation der im Darm am häufigsten gefundenen

Tab. 5. Organischer Gehalt des Wassers und Detritus (Kaliumpermanganatverbrauch).  
Organic content of the water and the detritus (consumption of potassiumpermanganate).

Biotop, Datum	Organischer Gehalt (ppm)	Biotop, Datum	Organischer Gehalt (ppm)
Versuchsteich		Kälberteich	
16. V. 1977	> 30	17. V. 1977	20-30
30. V. 1977	20-30	31. V. 1977	> 30
17. VI. 1977	20-30	16. VI. 1977	> 30
21. VII. 1977	> 30		
Köpfchenweiher		Fasanerie	
17. V. 1977	20-30	17. V. 1977	> 30
31. V. 1977	> 30	31. V. 1977	> 30
16. VI. 1977	> 30	16. VI. 1977	> 30

(= bevorzugt aufgenommenen) Formen im Gewässer. Tab. 3 (vorletzte Spalte) listet Nahrungsangebot und Nahrungsaufnahme unter der Beachtung der hier angeführten Selektivität auf. In den Biotopen, in denen das Angebot der von den Larven aufgenommenen Plankter geringer ist als deren Repräsentation im Darm, ist der Gewichtszustandswert geringer als in Vergleichsgewässern mit umgekehrten Verhältnissen (Tab. 4). Auch werden in den Biotopen mit dem günstigeren Nahrungsangebot die maximalen Gewichtszustandswerte in einem früheren Stadium erreicht. Insofern besteht ein Zusammenhang zwischen dem Planktonangebot und dem Ernährungszustand der Larven. Inwieweit dies auch für andere Populationen in anderen Biotopen unter anderen abiotischen und biotischen Bedingungen zutrifft, kann an dieser Stelle nicht geklärt werden.

Nur geringfügig weicht das Ergebnis des Vergleichs von Kälberteich und Köpfchenweiher 1976 davon ab. Die Kälberteich-Planktonproben liegen wenig unter denen des Köpfchenweiher. Längenwachstum und Gewichtszunahme überflügeln aber diejenigen im Köpfchenweiher ab Stadium 30.5 beziehungsweise 34.7. Allerdings sind die Unterschiede im Vergleich zu den Werten von 1977 als gering zu bezeichnen. Eine Beziehung wie die zwischen dem Planktonangebot und Gewichtszustandswert ist bei einem Vergleich von Planktonangebot und Entwicklungsgeschwindigkeit nicht festzustellen. Die geringen, meist statistisch nicht signifikanten Unterschiede zwischen den Larven im Kontroll- und Prä-dationsteil des Versuchsteiches zeigen deutlich, daß beide Teile offensichtlich ökologisch eine Einheit sind, was den Wert ihrer Vergleichbarkeit mit den Freilandbiotopen unterstreicht.

#### Das Bodensubstrat und der Detritus

Bei den durchgeführten Darmuntersuchungen wurde kaum Bodensubstrat festgestellt. Es sei hier der Vollständigkeit halber trotzdem auf diesen Faktor eingegangen. Das Substrat selbst unterliegt von Jahr zu Jahr weniger starken

Schwankungen in seinem organischen Gehalt als das Plankton in seiner Formenzusammensetzung und Quantität. Allerdings wechselten durch die Wasserstandsunterschiede 1976/77 die von den Larven erreichbaren Flächen. Dies trifft auf den Köpfchenweiher zu, dessen durch Laubfall mit hohem organischen Gehalt (Abb. 4) angereicherte Südwest-Ecke erst beim hohen Wasserstand des Jahres 1977 von den Larven erreicht werden konnte. Dies fällt mit höherer Gewichtszunahme, größerem Längenwachstum, aber geringerem Gewichtszustandswert zusammen. Ein zum Teil höherer organischer Gehalt des Substrates des Köpfchenweihers 1977 fällt im Vergleich mit dem Teich an der Fasanerie auf. Die mit hohen Werten beginnende und dann steil abfallende Gewichtszustandskurve kann nur durch einen hohen Gehalt an Dotter erklärt werden (cf. SAVAGE 1937). Beim Vergleich der Biotope und Populationen Kälberteich 1976 und Köpfchenweiher 1976 ist ein größeres Längenwachstum zusammen mit höherer Gewichtszunahme und geringerem Gewichtszustandswert bei geringerem organischen Gehalt für den Kälberteich zu nennen. Der Versuchsteich hat, obgleich sein organischer Substratgehalt, abgesehen von der Köpfchenweiher-Südwest-Ecke, am höchsten anzusetzen ist, immer mehr oder weniger niedrigere Gewichtszustandswerte als die Freilandbiotope. Nach dem Vergleich der Ergebnisse ist es klar, daß hier von einem Zusammenhang zwischen Längenwachstum, Gewichtszunahme und Gewichtszustandswert auf der einen und dem organischen Gehalt des Substrates auf der anderen Seite nicht die Rede sein kann.

#### Die höheren Pflanzen

Da die Zelluloseverdauung mit Hilfe von Symbionten bei Amphibienlarven nicht sicher ist (BARRINGTON 1946, KUNTZ 1924), kann über die Rolle höherer Pflanzen als Nahrungsquelle wenig ausgesagt werden. Tatsache ist, daß in allen Untersuchungsbiotopen ein Angebot an höheren Pflanzen vorhanden war, daß jedoch nicht in allen Darmproben abgeissene Pflanzenteile zu finden waren. Dies liegt sicherlich am omnivoren Charakter der Larven. Es war daher nicht möglich, eine Verbindung zwischen der Aufnahme an höheren Pflanzen und den untersuchten Parametern herzustellen.

#### Zusammenfassung

Die Abhängigkeit von Längenwachstum, Gewichtsveränderung und Gewichtszustandswert von den Entwicklungsstadien bei *Bufo bufo* tritt deutlich hervor. Mehr oder weniger steile Kurvenanstiege im Stadienbereich 28/29 und eine Verlaufsänderung derselben in der Prometamorphose (zum Teil schon ab St. 32) fallen mit physiologischen Parametern, wie der Änderung der Herzfrequenz und der Pepsinproduktion (ermittelt bei anderen Bufoniden), zusammen. Der Wachstumsanstieg im Stadienbereich 28/29 ist auch durch die nun fertig ausgebildeten larvalen Mundpartien verständlich.

Vom Nahrungsangebot wurde hauptsächlich das Planktonangebot genutzt. Dabei werden Planktonformen um 25 µm bevorzugt aufgenommen. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache wird ersichtlich, daß die Gewichtszustandswerte und teilweise auch die Wachstumsraten der Larven in den Biotopen mit den höchsten Dichten der bevorzugt aufgenommenen Plankter am größten sind.

## Summary

The correlation between growth, weight, and weight condition on the one hand and the developmental stages of *Bufo bufo* on the other hand turns out clearly. The increase of the curves within the range of stages 28/29 and a change in prometamorphosis (partly already from stage 32) coincides with the change of physiological parameters as the frequency of heart beat and the synthesis of peptid, as well as with the end of differentiation of the larval mouth parts prepared now for nutrition (stages 28/29). The larvae mainly make use of the supply of plankton. Forms of about 25  $\mu\text{m}$  are preferred. Considering this fact it is obvious that the weight condition and partly the rates of growth and weight are greatest in the biotopes with the highest density of the preferred plankton.

## Schriften

- ALTIG, R., KELLY, J. P., WELLS, M. & PHILLIPS, J. (1975): Digestive enzymes of seven species of anuran tadpoles. — *Herpetologica*, 31 (1): 104-108. Lawrence, Kansas.
- BARRINGTON, E. J. W. (1946): The delayed development of the stomach in the frog (*Rana temporaria*) and the toad (*Bufo bufo*). — *Proc. zool. Soc.*, 116 (1): 1-21. London.
- BERTALANFFY, L. VON, BEIER, W. & LAUE, R. (1977): Biophysik des Fließgleichgewichtes. — Braunschweig.
- BLES, E. J. (1905): The life history of *Xenopus laevis*. — *Trans. R. Soc.*, 41: 789. Edinburgh.
- BUGAYSKI, W. (1940): Über die Ernährung der Kaulquappen von *Rana arvalis* NILS. in Teichen. — *Arch. Hydrobiol. Rybact.*, 5: 285-304. Suwalki.
- CAMPBELL, R. C. (1971): Statistische Methoden für Biologie und Medizin. — Stuttgart.
- DIPPEL, L. (1904): Diatomeen der Rhein-Mainebene. — Braunschweig.
- DODD, J. M. (1950): Ciliary feeding mechanisms in anuran. — *Nature*, 165: 283. London.
- ESAKI, S. (1926): Zur Frage der Ernährung von Amphibienlarven durch im Wasser gelöste Nährstoffe und andere Lösungen. — *Folia anat. jap.*, 4 (1): 213-224. Tokyo.
- GOULDEN, C. H. (1952): Methods of statistical analysis. — New York, London.
- GROSPIETSCH, TH. (1972): Testacea und Heliozoa. — Die Binnengewässer. Stuttgart.
- HASELOFF, O. W. & HOFFMANN, H. J. (1970): Kleines Lehrbuch der Statistik. — Berlin.
- HEMMER, H. & KADEL, K. (1972): Gewichtszustand und Wachstumsverlauf bei der Kreuzkröte (*Bufo calamita* LAUR.). — *Forma et Functio*, 5: 113-120. Braunschweig.
- HEUSSER, H. (1968): Die Lebensweise der Erdkröte, *Bufo bufo* (L.), Größenfrequenzen und Populationsdynamik. — *Mitt. naturforsch. Ges. Schaffhausen*, 29: 33-61. Schaffhausen.
- HUSTEDT, F. (1909): Süßwasser-Diatomeen Deutschlands. — *Handb. prakt. naturwiss. Arb.*, 5. Stuttgart.
- JAEGER, R. (1968): Zur Altersabhängigkeit der Herzfrequenz bei Anurenlarven. — *Verh. dtsh. zool. Ges.*, 1968: 463-471. Leipzig.
- KLEE, O. (1975): Hydrobiologie. Einführung in die Grundlagen. Beurteilungskriterien für Trinkwasser und Abwasser. — Stuttgart.
- KOLLER, S. (1969): Graphische Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen. 4. Aufl. — Darmstadt.

- KRATOCHWILL, K. (1933): Zur Morphologie und Physiologie der Nahrungsaufnahme der Froschlärven. — Z. wiss. Zool., 164: (421). Leipzig.
- KRIZENECKY, J. (1924): Experimentelle Untersuchungen zur Frage nach der Ernährung der Wassertiere durch gelöste Nährstoffe. — Zool. Anz., 58: 187-194. Leipzig.
- — — (1925): Zur Frage der Ernährung von Amphibien-Larven durch im Wasser gelöste Nährstoffe (Bemerkungen zur gleichbetitelten Abhandlung von FR. BOCK). — Zool. Anz., 62: 65-71. Leipzig.
- KUNTZ, A. (1924): Anatomical and physiological changes in the digestive system during metamorphosis in *Rana pipiens* and *Amblystoma tigrinum*. — J. Morph., 38: 581-598. Philadelphia.
- LIEBMANN, H. (1962): Handbuch der Frisch- und Abwasserbiologie. — München.
- LIMBAUGH, B. A. & VOLPE, E. P. (1957): Early development of the Gulf Coast Toad, *Bufo valliceps* WIEGMANN. — Am. Mus. Nov., 1842: 1-32. New York.
- LINDAU, G. (1926): Die Algen. — Berlin.
- LUCAS, E. A. & REYNOLDS, W. A. (1967): Temperature selection by amphibian larvae. — Physiol. Zool., 40: 159-171. Chicago.
- NAUMANN, E. (1932): Grundzüge der regionalen Limnologie. — Stuttgart.
- OKSCHE, A. & UECK M. (1976): The nervous system. — In: Physiology of the Amphibia. New York, San Francisco, London.
- RUTTNER-KOLISKO, A. (1972): Rotatoria. — Die Binnengewässer. Stuttgart.
- RÜHMEKORF, E. (1958): Beiträge zur Ökologie mitteleuropäischer Salientia II. Temperaturwahl der Larven. — Z. Morph. Ökol. Tiere, 47: 20-36. Berlin.
- RYLOV, W. M. (1935): Das Zooplankton der Binnengewässer. — Die Binnengewässer. Stuttgart.
- SACHS, L. (1974): Statistische Auswertungsmethoden. — Berlin.
- SAVAGE, R. M. (1937): The ecology of young tadpoles, with special reference to the nutrition of the early larvae of *Rana temporaria temporaria* LINN., *Bufo bufo bufo* LINN. and *Bombina variegata variegata* LINN. — Proc. zool. Soc., 107 (A): 249-260. London.
- — — (1952): Ecological, physiological and anatomical observations on some species of anuran tadpoles. — Proc. zool. Soc., 122: 467-514. London.
- SCHWERDTFEGER, F. (1968): Ökologie der Tiere. Demökologie II. — Hamburg, Berlin.
- UTERMÖHL, H. (1958): Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. — Internat. Verein. theoret. angew. Limnol., Mitt., 9: 1-38. Stuttgart.
- VIERTTEL, B. (1980): Überlebensraten und Mortalität bei Erdkrötenlarven (*Bufo bufo* L.) im Freiland. — Salamandra, 16 (1): 19-37. Frankfurt am Main.

Verfasser: Dr. BRUNO VIERTTEL, Institut für Zoologie, Johannes-Gutenberg-Universität, Saarstraße 21, 6500 Mainz.