Die Anfütterung von Zanderlarven (*Sander lucioperca*, L.) durch Plankton mit Zufütterung von *Paramecium caudatum*

Ulrich Knaus & Gerald Gallandt

1. Einleitung

Die Aufzucht von Zandern ist in Deutschland ein relativ neuer Bereich der Aquakultur. Die Adaptation klassischer Anfütterungstechniken (z. B. Artemiafütterung) bezüglich der Zanderzucht zeigt oft in der Fischproduktion finanzielle Probleme und methodische Grenzen. Alternative Lebendnahrungorganismen sind bis heute nicht in der Zanderkultivierung etabliert worden. Im Sinne einer Kostenreduzierung sowie der methodischen Vereinfachung ist die Suche nach alternativen Organismen für die Anfütterung von Zanderlarven notwendig. Der Einsatz von *Paramecium spec.* (*Protozoa*, *Ciliata*) ist in der Aquaristik eine seit längerem eingesetzte Möglichkeit, Fischlarven sehr geringer Größe zu ernähren. Der vorliegende Versuch zeigt Ergebnisse mit *Paramecium caudatum* bei der Anfütterung von Zanderlarven (*Sander lucioperca*, L.). Hierbei wurde *P. caudatum* vorerst als Zufütterung („Cofeeding“) zur Planktonfütterung eingesetzt.
Die Anfütterung von Zanderlarven kann bei intensiver Kultivierung (Warmwasserkreislauf) durch lebende Planktonorganismen und deren juvenilen Stadien (*Brachionus spec.*, *Copepoda*, *Crustacea*) bzw. künstlich erbrüteten *Artemia spec.* erfolgen. Die Bereitstellung von Lebendnahrung geeigneter Größe und Menge sowie das Angebot an essentiellen Nährstoffen spielen eine besondere Rolle. Letzteres ist im Falle der Anfütterung mit lebenden Planktonorganismen bereits in den Planktern durch photoautotrophe Assimilation (bzw. Aufnahme von Photosynthese betreibenden Organismen durch Fraß z. B. Algen) enthalten. Essentielle Nährstoffe wie höher ungesättigte Fettsäuren (EPA, DHA) oder essentielle Aminosäuren können somit der Zanderlarve optimal zu einem frühen Zeitpunkt zugeführt werden. Das Angebot an Planktern schwankt bei Entnahme aus Teichen oder Seen in jahreszeitlichen Rhythmen und ist speziell bei der Vorverlegung der Laichreife bei Zandern (Frühbrut, „Out of season“)) selten in genügenden Mengen vorhanden.
Im Falle der Anfütterung mit Artemia stellen sich der Zanderkultivierung zwei grundsätzliche Probleme. Zum einen die Größenheterogenität der Artemien selbst und zum anderen deren Energiearmut bereits wenige Stunden nach dem Schlupf (LAVENS & SORGELOOS, 1996). Zanderlarven benötigen als Erstnahrung besonders kleine Organismen. Hierfür gelten „Microartemien“ (COPPENS, Niederlande) oder „sehr kleine Artemien“ („very small size ± 430 micron“, INVE, Belgien) als besonders geeignet. Diese Artemien sind vergleichsweise teuer (ca. 130 € kg^{-1}) und sollten mit essentiellen Nährstoffen (z. B. EASY SUPER SELCO, INVE, Belgien) angereichert werden, die dann von den Zanderlarven aufgenommen werden können. Die Methodik der Artemiaerbrütung erfordert Zeit (Arbeitskraft und Erfahrung) und ist im Sinne einer wirtschaftlichen Zanderproduktion vergleichsweise kostenintensiv.

Landesforschungsanstalt für
Landwirtschaft und Fischerei
Institut für Fischerei
Fischerweg 408
18069 Rostock

Autor: U. Knaus
Telefon: 0381 811 34 04
Telefax: 0381 811 34 07
E-Mail: u.knaus@lfa.mvnet.de
Internet: www.lfamv.de

Die genannten Probleme bei der Zanderaufzucht wie Instabilität beim Planktonangebot oder Abhängigkeit von kostenintensiven Artemiaprodukten implizieren eine Suche nach alternativen Lebendnahrungsorganismen sowie vereinfachten Methoden. Der vorliegende Versuch zeigt unter praxisgerechten Bedingungen den Einsatz von *Paramecium caudatum* (geschwänztes Pantoffeltier; Wimpertierchen) als Lebendnahrungorganismus bei der Anfütterung von Zanderlarven. Das Paramecium wurde im Sinne einer Stabilisierung des Planktonangebotes als Zufütterung mit angereicherten Nährstoffen verwendet. Die Größe des *Paramecium caudatum* entspricht etwa der Größe kleinerer *Brachionus spec.* mit (45) – 180 – 300 µm (STREBLE & KRAUTER, 2002). Der Versuch wurde in der Teichwirtschaft Boek (Pächter: Fischerei – Müritz – Plau GmbH) im Rahmen des Zanderprojektes des Institutes für Fischerei Rostock (IfF) der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei (LFA) Mecklenburg – Vorpommern durchgeführt.

2. Material und Methoden

Für den Anfütterungsversuch (Versuchsdauer 67 Tage) wurde ein von Zanderlaichern zur Hälfte mit Laich belegtes Nest (Kokosfußmatte, ZIENERT & HEIDRICH, 2005) vom Institut für Binnenfischerei, Potsdam Sacrow (IfB, Brandenburg) Anfang März 2010 zur Teichwirtschaft Boek (TW Boek) transportiert. Das belegte Nest resultierte aus einer Laichreifeverschiebung von Zanderlaichern (Frühbrut) nach MÜLLER-BELECKE & ZIENERT (2008). Die Erbrütung, Anfütterung und Umstellung auf Trockenfuttermittel wurde bei einer Temperatur von 16 °C durchgeführt. Die Anfütterung erfolgte mittels Plankton (für 30 Tage) durch Zufütterung von *Paramecium caudatum* (für 8 Tage). Die Fütterung mit Artemia – Nauplien (PREMIUM GSL ARTEMIA, COPPENS INTERNATIONAL, Niederlande) erfolgte ab dem 31 Tag für 25 Tage. Anfangs wurden vier Artemia – Mahlzeiten mittels Sprühsystem vergeben die reduziert und mit steigenden Anteilen von Trockenmischfuttermittel (PROTON, INVE, Belgien) sukzessiv ersetzt wurden. Während der Artemia Vergabe wurden 10 Mahlzeiten von mit Nährstoffen angereicherten (EASY SUPER SELCO, INVE, Belgien) Metanauplien verabreicht. Die Gewöhnung an Trockenfutter wurde in 19 aufeinanderfolgenden Tagen durchgeführt. Am 56. Tag wurde nur noch Trockenfutter vergeben. Das Nest wurde in eine eigens entwickelte segmentierte Zandererbrütungs- und Anfütterungsrinne zum Schlupf überführt. Die Segmente besaßen ein Volumen von 0,20 m³ (0,73 m x 0,95 m x 0,29 m). Die Anfütterungsrinne war mit einem Warmwasserkreislaufsystem mit Durchlauferhitzer, UV – Strecke und mechanischer sowie biologischer Reinigung verbunden. Als Belüftung diente technischer Sauerstoff sowie atmosphärische Luft (Membranpumpen). Als Wasserquelle diente Müritzwasser, welches um ca. 10 % des Haltungsvolumens pro Tag ausgetauscht wurde. An den Segmenten der Rinnen wurden Oberflächenbesprühungsdüsen nach BARROWS ET AL. (1993) installiert.
Die Wasserparameter wurden mittels Multimeter (Sauerstoff, pH – Wert: HQ40d, Hach Lange GmbH, Deutschland) sowie einem Spektralphotometer (Ammonium, Nitrit, Nitrat: DR – 2800, Hach Lange GmbH) aufgenommen. Die Lichtintensität wurde mit einem Light Meter LX-1118 der Firma LT Lutron (Deutschland) gemessen und zu Beginn im Zentrum des Segmentes nahe der Wasseroberfläche auf 109,87 lux (± 3,07 lux) eingestellt. Am 27. Tag erfolgte die Reduzierung auf 50,77 lux (± 1,34 lux), am Tag 33 die Reduzierung auf 24,67 lux (± 0,78 lux) sowie am Tag 36 die Reduzierung auf 12 lux (± 1,56 lux).
Die Aufnahme der Paramecienpopulation erfolgte mittels Handzählgerät und Fuchs-Rosenthal Zählplatte unter einem Stereomikroskop (Carl Zeiss Jena). Es wurden Mittelwerte gebildet und auf das vorhandene Volumen (Erlenmeierkolben 600 ml und Kleinsilo 65 l, 100 l, 150 l) hochgerechnet. Die Massen der Zanderlarven (n = 10; N = 170;

beide letzte Werte: n = 5) wurden durch Trocknung in einem Exikator für 24 h und folgend für ebenfalls 24 h in einem Trockenschrank (Firma MEMMERT, UNB200, Deutschland) bei 70 °C vorbereitet. Danach konnten die Massen mit einer Präzisionswaage (LS-500, PCE – GROUP EUROPE) aufgenommen werden. Die Längen der Larven (n = 10; N = 170; beide letzte Werte: n = 5) wurden mit einem Präzisionsmillimetermaß (Genauigkeit: 0,01 mm) von Hand aufgenommen.

Das Plankton für die Anfütterung der Zanderlarven wurde einem Karpfenwinterungsteich der TW Boek mittels Lichtfallen und Planktonzeesen, die durch Pumpen gespeist wurden, akkumuliert (Abbildung 1). Durch unterschiedliche Planktonsiebe wurde das Lebendplankton für die Verfütterung fraktioniert sowie an die Zieltemperatur adaptiert.

3. Voruntersuchungen

Im Oktober 2009 wurden Tests zur Kultivierung von *Paramecium caudatum* (Abbildung 2) im Bruthaus der TW Boek durchgeführt. Die Stammkultur wurde von der Firma INTERAQUARISTIK (Deutschland) bezogen. *Paramecium caudatum* gilt als ubiquitär vorkommender Organismus, der sich vorwiegend von Bakterien ernährt. Als holotriche Ciliaten wird die Nahrung mittels Cilien, die gleichzeitig als Fortbewegungsorgane dienen, dem Schlund zugeführt.

P. caudatum ist vergleichsweise anspruchslos gegenüber verschiedenen Umweltfaktoren. Hierbei werden Sauerstoffgehalte die unter einem Milligramm liegen toleriert. Eine konkrete Phototaxis konnte in vorliegenden Versuchen nicht nachgewiesen werden. Reaktionen auf verschiedene chemische Wasserbelastungen, die aufgrund von Fäulnisprozessen entstehen, waren ebenfalls nicht nachweisbar. Für die Anfütterung von Fischlarven im praxisgerechten Betrieb werden Paramecien in großen Mengen benötigt.



Fotos: Knaus.

Abb. 1: Planktonzeesen zur Akkumulation von Lebendplankton aus einem Teich der Teichwirtschaft Boek (Müritz).

Von Interesse ist die Zeit der Verdoppelung der Population („Doubling time“) und der Zeitpunkt der Abnahme der Individuenzahl innerhalb der Population unter gegebenen Verhältnissen (Umweltfaktoren).
Eine erste Untersuchung wurde im Herbst 2009 durchgeführt. Unterschiedliche Nahrungsquellen wurden bei einer definierten Paramecienausgangsmenge im Erlenmeyerkolben (ohne Belüftung) eines definierten Volumens (600 ml) und definierter Nahrungsmenge (5 ml) getestet. Hierfür wurde als Nahrung: a) herkömmliche Kaffeesahne, b) SPARKLE® (INVE, Belgien), c) hydrolisierte Kartoffelschalen sowie d) SPARKLE mit Unterstützung einer Nährstoffanreicherungssubstanz EASY SUPER SELCO® (INVE, Belgien) verwendet. SPARKLE® ist ein Ernährungsprodukt für *Brachionus spec.*, EASY SUPER SELCO® ist ein Anreicherungsprodukt für *Brachionus spec.* und *Artemia spec.*. Diese Produkte finden vorwiegend in der marinen Aquakultur Verwendung.

Abbildung 3 zeigt die Populationsentwicklung von *Paramecium caudatum* bei Fütterung unterschiedlicher Nahrungssuspensionen (20,01 °C, ±1,90; N 23). Innerhalb des Versuchszeitraumes von 34 Tagen wurden acht Datenaufnahmen durchgeführt. Hierbei zeigte die Gruppe Kaffeesahne die beste Wachstumsrate der Paramecienpopulation. Bei einer Initialmenge von 101.800 Stk. (± 9.457,27 Stk.; Mittelwert aller Gruppen, n = 3) erreichte die Gruppe mit Kaffeesahne eine Verdoppelung der Population (ca. 200.000 Stk.) vor den anderen Gruppen (Populationsverdoppelung I) nach etwa 3,5 Tagen. Die weitere Verdoppelung der Population (400.000 Stk.) wurde 4,5 Tage später erreicht (Tag 7,5, Populationsverdoppelung II). Die nächste Verdoppelung (800.000 Stk.) wurde etwa acht Tage später (Tag 15, Populationsverdoppelung III) festgestellt. Zwölf bis dreizehn Tage später erfolgte eine weitere Verdoppelung der Population (Tag 28, 1.500.000 Stk.) wobei die weitere Zählung einen abnehmenden Trend wahrnahm (1.400.000 Paramecien). Die Fütterungsgruppe SPARKLE® zeigte gegenüber der Gruppe Kaffeesahne einen bzgl.



Abb. 2: *Paramecium caudatum*, Mikroskop, 400-fache Vergrößerung.

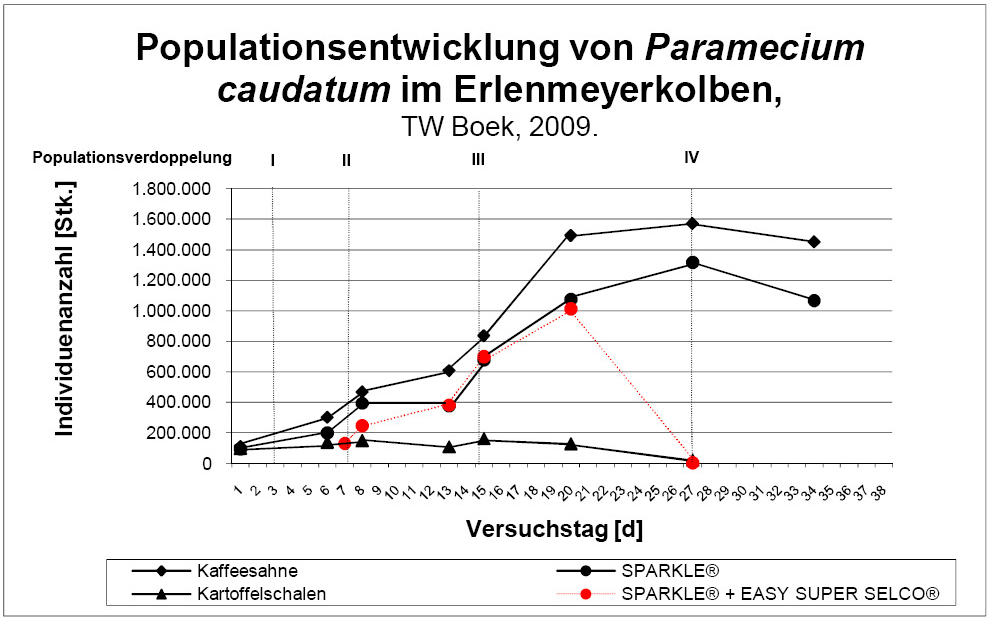


Abb. 3: Entwicklung der Population (Populationsverdoppelung) von *Paramecium caudatum* im Erlenmeyerkolben durch Ernährung verschiedener Nahrungssuspensionen.

des Paramecienwachstums gleichen Trend, erreichte die konkrete Paramecienmenge jedoch nicht. Ebenfalls konnte ab der vierten Populationsverdoppelung (IV) ein abnehmender Trend festgestellt werden. Die Fütterungsgruppe mit hydrolisierten Kartoffelschalen erreichte zu keinem Zeitpunkt eine Paramecienmenge von 200.000 Individuen. Der Zusammenbruch der Population erfolgte kurz vor dem 28. Versuchstag. Die Fütterungsgruppe SPARKLE® + EASY SUPER SELCO® wurde am 7,5. Versuchstag in den Test mit einbezogen. EASY SUPER SELCO® wurde zweimal mit 5 ml innerhalb einer Zeitspanne von 8 Tagen zugefügt (Tag 13 und Tag 20). Die Population erreichte bereits am 13,5. Tag das Niveau der Gruppe SPARKLE®. Dieser Trend setzt sich bis zum 21,5. Tag fort. Kurz vor dem 28. Versuchstag wurde der Zusammenbruch der Paramecienpopulation festgestellt.

Aufgrund der Ergebnisse des Fütterungsversuches wurde als Nahrung für die Kultivierung der Paramecien Kaffeesahne gewählt. Um große Mengen von Pantoffeltierchen für die Zanderanfütterung nutzbar machen zu können, wurde die Stammkultur bis zu einer Populationsgröße von ca. 30.000 Individuen nach Adaptation klassischer Aquakulturmethoden vergrößert (z. B. MORETTI ET AL., 1999). Die Haltung erfolgte in zwei 300 l Kleinsilobehältern (P I, PII). Abbildung 4 zeigt die Populationsentwicklung von *Paramecium caudatum* bei Fütterung mit Kaffeesahne und einer mittleren Temperatur von 18,39 °C P I (± 2,43) sowie 18,80 °C P II (± 2,68). Die Datenaufnahme erfolgte für 90 Tage. Es wurden in beiden Behältern Volumina von 65 Liter, 100 und 150 Liter des Haltungsvolumens verwendet. Die Erhöhung des Haltungsvolumens erfolgte nach ca. 40 und 70 Tagen. Allgemein sind in beiden Behältern zwei Maxima zu erkennen (Tag 13 und Tag 76). Innerhalb dieses Zeitraumes sank die Populationsdichte unter den Wert der Initialpopulation. Beide Behälter zeigen beinahe einen Zusammenbruch der Population (P I: Tag 62; P II: Tag 41). Beide Populationen erholten sich wieder und steigerten ihre Individuenanzahl mit einer höheren Reproduktionsrate als nach der Initialbefüllung auf das zweite, höhere Maximum.

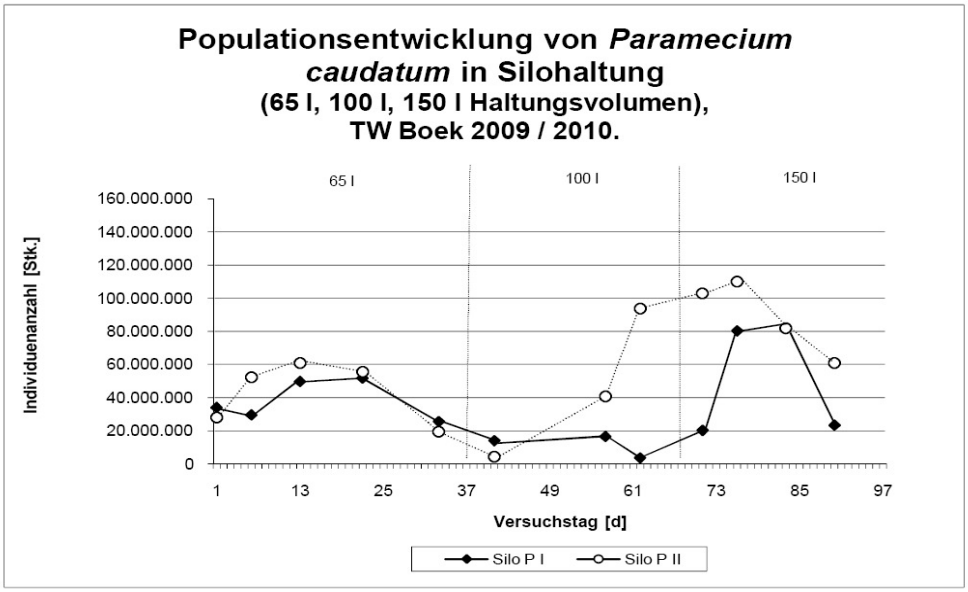


Abb. 4: Populationsentwicklung von *Paramecium caudatum* während der Kultivierung in Kleinsilobehältern.

Während das erste Maximum bis zu einer Verdreifachung der Initialmenge bei P II führte, konnte beim zweiten Maximum fast eine Vervierfachung der Ausgangspopulation festgestellt werden. Allgemein zeigt P I den gleichen Trend der Individuenmenge wie bei P II, erreichte aber nicht die Organismenanzahl von P II. Weiterhin ist bei P I nach dem ersten Populationsmaximum, gefolgt von dem Zusammenbruch, eine zeitversetzte Entwicklung der Population zu beobachten. Die Erholungsphase ist bei P I länger und erreicht insgesamt, zwischen den beiden Maxima, den doppelten Zeitintervall im Vergleich zu P II.

4. Ergebnisse

Der Anfütterungs- und Umstellungsversuch von Zanderlarven lief über einen Zeitraum von 67 Tagen. Tabelle 1 zeigt die chemisch – physikalischen Wasserparameter. Die Zanderlarven wurden bei einer Wassertemperatur von 16,08 °C gehalten. Die Werte für Sauerstoff, pH, Ammonium, Nitrit und Nitrat lagen im physiologisch tolerierbaren Bereich für Zanderlarven (ZIENERT & HEIDRICH, 2005).

Tab. 1: Chemisch – physikalische Wasserparameter (Mittelwerte; ± = SD = Standardabweichung).

Parameter	T [°C]	O_2 [mg/l]	pH	Ammonium [mg/l]	Nitrit [mg/l]	Nitrat [mg/l]
Mittelwert	16,08	8,66	7,85	0,01	0,00	0,23
± SD	± 0,69	± 0,87	± 0,22	± 0,04	± 0,00	± 0,10
N	67	67	13	10	10	10

Nach dem Einsetzen des belegten Laichnestes kam es für drei Tage zum Schlupf der Zanderlarven. Das Rinnensegment wurde zu diesem Zeitpunkt mit fraktioniertem Plankton sehr kleiner Größe aufgefüllt. Vorwiegend waren Organismen der Familie *Brachionidae* und der Gattung *Brachionus* (Rädertiere) sowie Nauplien von *Crustacea* im Plankton enthalten. Nach dem Schlupf führten die Dottersacklarven für fünf Tage Vertikalbewegungen zur Wasseroberfläche aus. Nachdem die Vertikalbewegung der Larven beendet war, konnte eine aktive Sprungjagd durch zusammenziehen des Larvenschwanzes in der Horizontalen und folgender zurückschnellender Bewegung in die Ausgangsposition (federartig) festgestellt werden. Aufgrund dieser Bewegung schnellten die Zanderlarven wie im Sprung in die anvisierte Richtung (Sprungjagd). Das Ansetzten zur Sprungjagd erfolgte nach etwa 1 – 2 Sekunden, nachdem die Larven einen Beuteorganismus für lohnenswert zum Fressen bewertet hatten.

Nach dem Ende der Vertikalbewegung der Zanderlarven wurde zu der Planktonvergabe *Paramecien caudatum* verabreicht. Hierbei wurde eine Organismenanzahl von ca. 95 Stk. ml^{-1} (n = 3, ± 31) sechs Mal am Tag (07:00; 09:00; 11:00; 15:00; 17:00; 19:00 Uhr) eines Volumens von jeweils 24 Litern (13.680.000 Individuen) vergeben. Die Paramecien wurden zuvor mit EASY SUPER SELCO® angereichert. Im Haltungswasser waren frei schwimmende Paramecien ohne Vergrößerung sichtbar. Einige Zanderlarven zeigten deutlich für drei bis vier Tage eine weiße Darmfüllung, die von der Paramecienaufnahme herrührte (Abbildung 5).

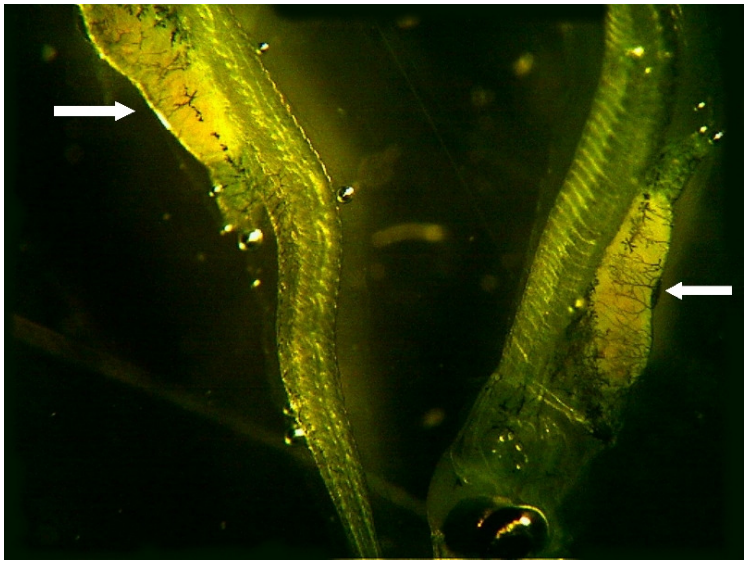


Abb. 5: Weißliche Darmfüllung bei Zanderlarven aufgrund der Aufnahme von *Paramecium caudatum*, Stereomikroskop.

Die Unterscheidung war sehr klar trennbar (weißer Darminhalt: hell) zu den Larven, die nur Plankton aufgenommen hatten (grünlicher Darminhalt: dunkel). Die weitere Untersuchung zeigte eine konzentrierte Menge von weißen Paramecien im Darm der Zanderlarven unter dem Stereomikroskop (Abb. 6 und 7). Nach etwa vier Tagen waren keine Zanderlarven mit weißer Darmfüllung im Haltungsvolumen sichtbar. Die Paramecienvergabe wurde daraufhin eingestellt. In Folge wurde gröber fraktioniertes Plankton vergeben sowie die Artemia – Fütterung gestartet. Die Gewöhnung an Artemien

zeigte keine Adaptationsprobleme. Sofort nach Beginn der Artemiafütterung konnten Zanderlarven mit Artemien im Darmkanal ohne Vergrößerung im Haltungsvolumen beobachtet werden (Abbildung 8). Die Fütterung mit Artemia führte bei einigen Zanderlarven zu einer starken Spezialisierung, sodass von dorsal beobachtet der gefüllte Darm beidseitig lateral sichtbar war (Abbildung 9). Insgesamt wurde die Artemia Fütterung für 24 Tage mit 10 Fütterungen angereicherter Artemien (EASY SUPER SELCO®) durchgeführt. Die Gewöhnung an Trockenfutter (PROTON®, INVE, OCEAN NUTRITION, Belgien) dauerte im vorliegenden Versuch 19 Tage mit steigenden Anteilen des Trockenfutters.

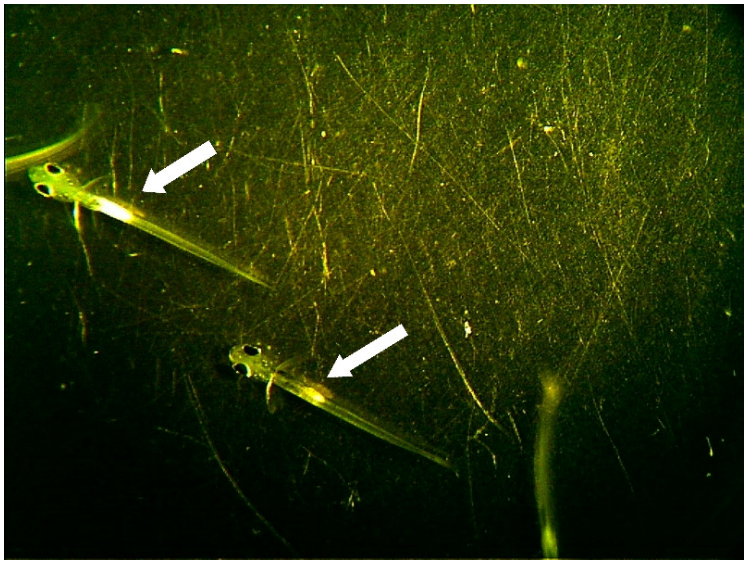


Abb. 6: Konzentrierte weiße Paramecienmasse im Darm bei Zanderlarven, Stereomikroskop.

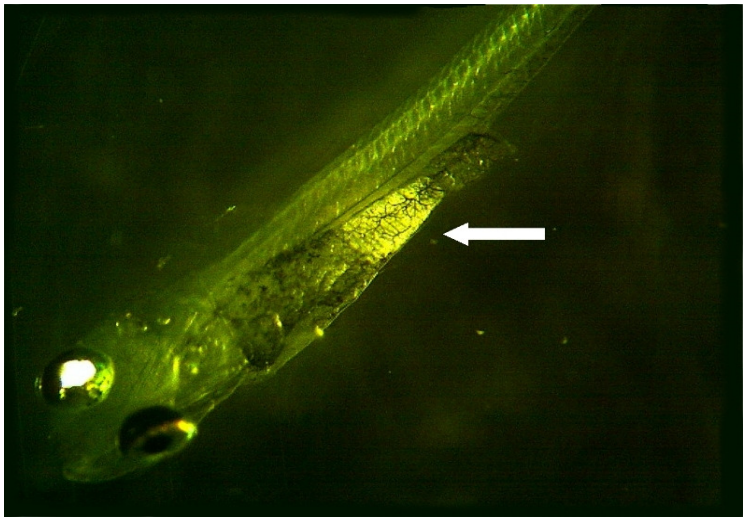


Abb. 7: Paramecienmasse im Darm einer Zanderlarve, Stereomikroskop.

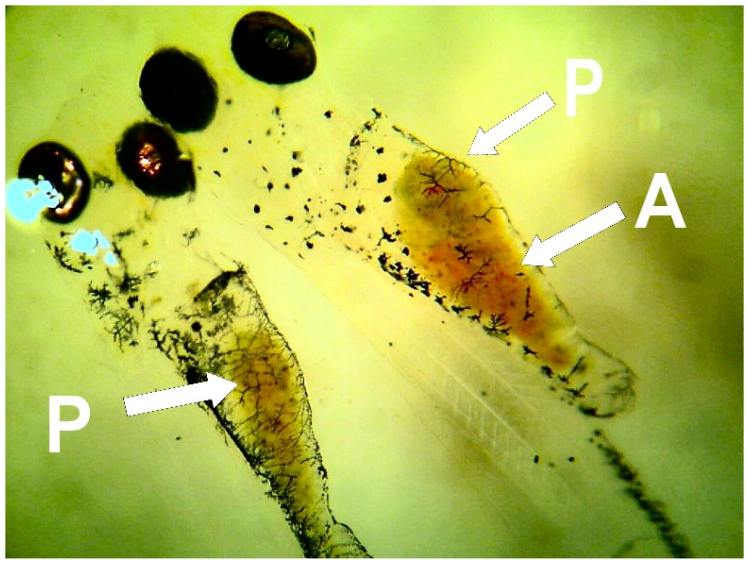


Abb. 8: Zanderlarven mit Artemien (A: rot) und Plankton (P: grün) im Darmkanal, Stereomikroskop.



Abb. 9: Zanderlarve mit sehr vielen Artemien im Darmkanal, Stereomikroskop.

Tabelle 2 zeigt die Wachstumsdaten und Überlebensrate des vorliegenden Versuches. Die Zanderlarven besaßen zu Beginn (kurz nach dem Schlupf) eine Masse von 0,005 g und eine Länge von 4,73 mm. Als Dottersacklarve in der Phase der Vertikalbewegung wurde ein Konditionsfaktor von 4,74 festgestellt. Nach 63 Tagen wurde eine Endmasse von 0,111 g gemessen. Dies entspricht einem Zuwachs von 0,106 g. Die Endlänge betrug 26,17 mm. In der Versuchszeit wurde ein spezifisches Wachstum von 4,92 % d^{-1} erreicht. Der Konditionsfaktor bei Versuchende betrug 0,62. Die Gesamtlarvenanzahl ergab ab dem Zeitpunkt der Verlustzählung (Tag 33) 792 Zanderlarven. Die Überlebensrate betrug dabei 20,45 %.

Tab. 2: Wachstumsparameter und Überlebensrate.

Parameter		n
Initialmasse [g]	0,005	10
Initiallänge [mm]	4,73	10
Konditionsfaktor K $_{Versuchsbeginn}$	4,74	
Endmasse [g]	0,111	5
Endlänge [mm]	26,17	5
Konditionsfaktor K $_{Versuchende}$	0,62	
Zuwachs [g]	0,106	18
SGR [% d^{-1}]	4,92	18
Gesamtlarvenanzahl [Stk.][1]	792	
Überlebensrate [%]	20,45	

[1] Gesamtlarvenanzahl basiert auf Verlustrate ab Beginn der Verlustzählung (Tag 33).

Abbildung 10 zeigt die Entwicklung der Masse der Larven vom Schlupf bis zum 63. Tag. Während der ersten 29 Tage wurden Larvenmassen unter 0,02 g festgestellt. Ab dem 30. Tag erfolgte eine lineare Massenzunahme bis ca. 0,16 g am 48. Tag. Ab dem 48. Tag schwankte die Masse der Larven zwischen 0,08 g und 0,11 g.
Die Entwicklung der Länge (Abbildung 11) zeigt eine lineare Zunahme von Beginn der Datenaufnahme (Tag 6 nach dem Schlupf) bis zum Ende der Untersuchung (Tag 63). Der Längenzuwachs betrug innerhalb des Versuchszeitraumes 21,44 mm.
Während des Versuchszeitraumes wurde der Konditionsfaktor der Zanderlarven berechnet (Abbildung 12). Den höchsten Wert zeigten die Larven kurz nach dem Schlupf mit 4,73 (Tag 6). In den folgenden Tagen sank die Kondition stark bis auf 0,90 (Tag 13). Nach einer kurzfristigen Erhöhung auf 1,27 sank der Konditionsfaktor erneut auf Werte unter 0,50 (0,25 Tag 17 – 0,38 Tag 25) bis zum 27. Tag mit 0,62, wobei ein positiver Trend über 1,00 mit einem Maximum von 1,523 (Tag 42) festzustellen war. Ab dem 48. Tag sank der Konditionsfaktor erneut und schwankte gering zwischen 0,65 (Tag 56) bis 0,62 (Tag 63).

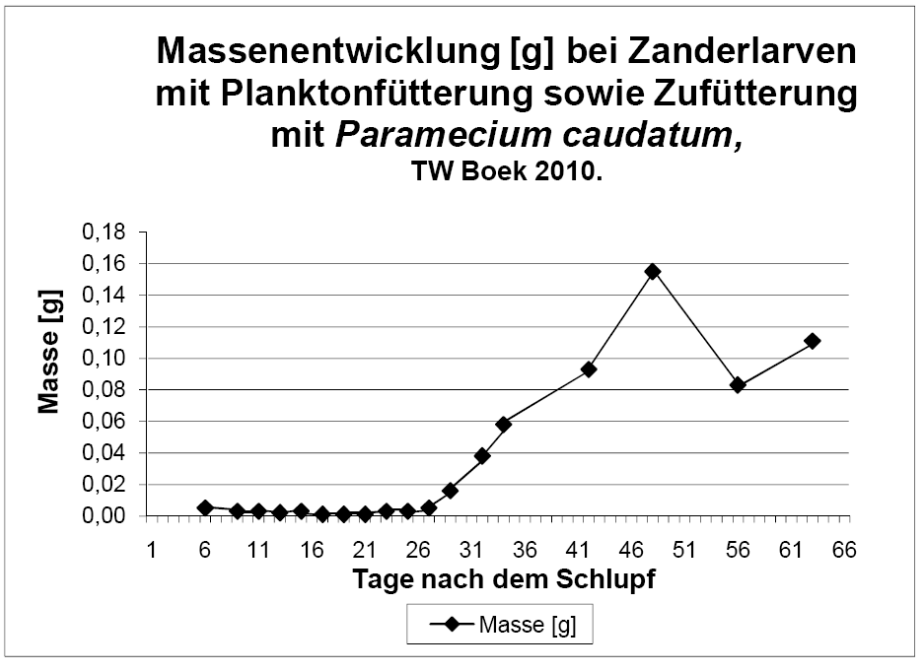


Abb. 10: Entwicklung der Larvenmasse vom Schlupf bis zum 63. Tag.

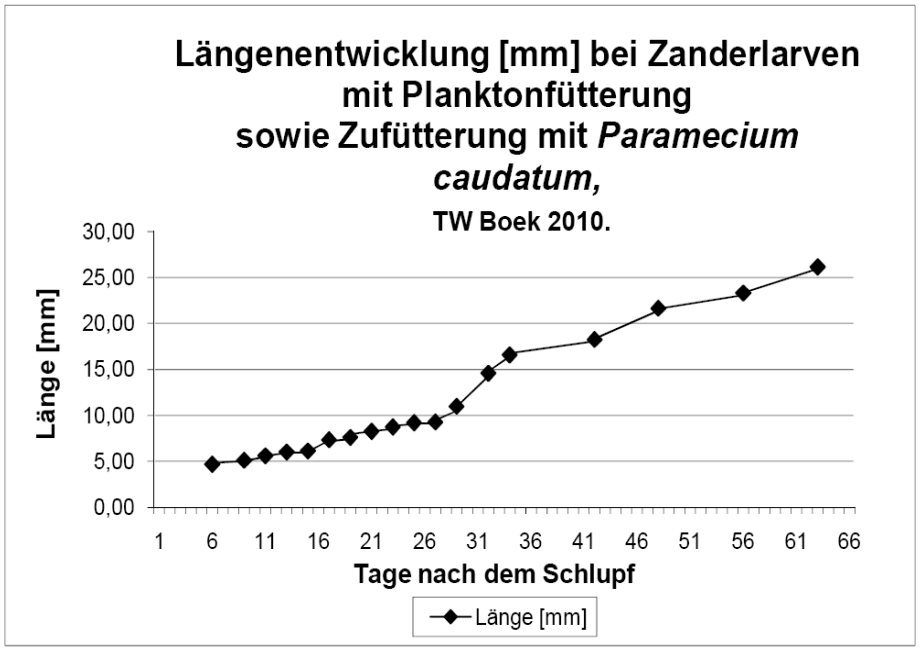


Abb. 11: Längenentwicklung der Zanderlarven ab Schlupf bis zum 63. Tag.

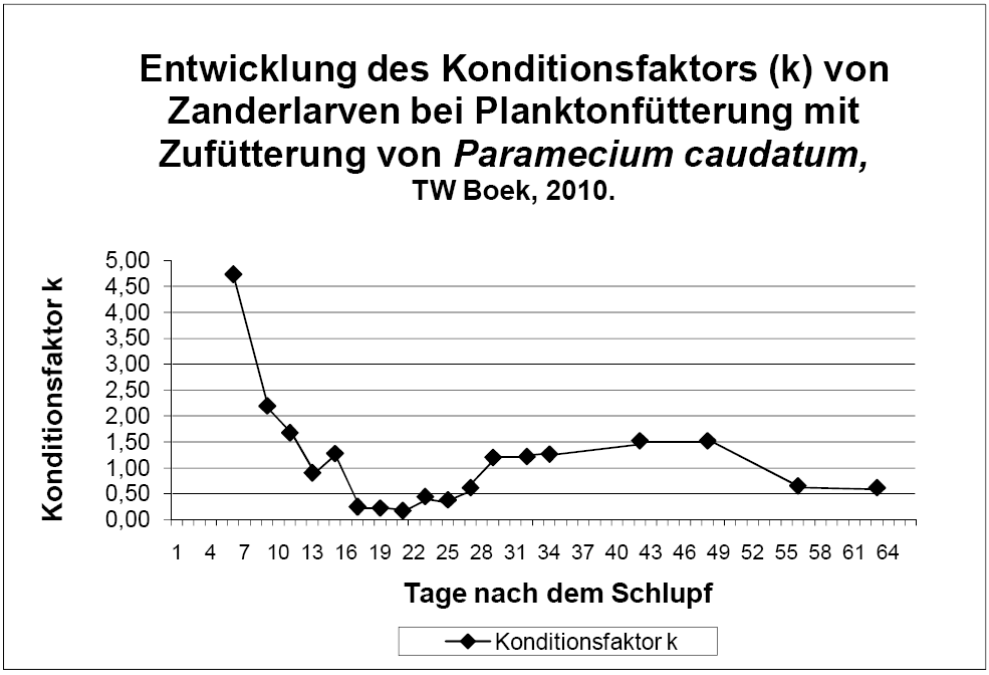


Abb. 12: Entwicklung des Konditionsfaktors der Zanderlarven nach dem Schlupf bis zum 63. Tag.

5. Diskussion

Der vorliegende Versuch wurde durchgeführt, um die Akzeptanz von *Paramecium caudatum* als alternatives Nahrungsangebot gegenüber z. B. „Microartemien“ bei der Anfütterung von Zanderlarven nach dem Schlupf zu überprüfen. Angaben in der Literatur zum Einsatz von *Paramecium spec.* in der Aquakultur bzw. alternativer Lebendnahrungorganismen sind selten. WOYNÁROVICH & HORVATH (1980) sowie SCHULZ & BÓDIS (2008) erwähnen *Paramecium* als Alternative zu Rädertieren bei der Anfütterung von Fisch- bzw. Zanderlarven. Hierbei ist insbesondere eine hohe Quantität der Lebendnahrung für ein schnelles Wachstum der Larven entscheidend. Eine Untersuchung zur Anfütterung von Flussbarschen (*Perca fluviatilis*, L.) beschreibt dagegen die Verwendung einer weiteren Spezies, den bakteriophagen Nematoden, als Alternative zur Artemia – Fütterung (SCHMIDT ET AL., 2010). Die Untersuchung zeigte, dass die Nematoden nicht von den Barschlarven als Nahrung wahrgenommen wurden. Die Überlebensraten dieser Versuchsgruppen waren gleich Null.

Aufgrund weniger Informationen über den Einsatz von Paramecien in der Aquakultur waren Voruntersuchungen zur Kultivierung von *P. caudatum* notwendig. Anhand der Ergebnisse sollten die Organismen mittels klassischer Aquakulturverfahren auf eine für die Zanderquakultur nutzbar zu machende Populationsgröße gebracht werden. Die Ergebnisse der Voruntersuchungen zeigten bei *P. caudatum* sehr gute Wachstumsraten bei Kaffeesahnefütterung und gutes Wachstum bei der Fütterung mit SPARKLE®. Die Paramecienpopulation verdoppelte sich innerhalb von 4, 8, 15 und 28 Tagen bei 20 °C (Kaffeesahnefütterung) im Erlenmeyerkolben. Die Verwendung von Nährstoff-anreicherungssubstanzen zeigte vorerst überdurchschnittliche Wachstumsraten, führte

aber bei geringen Zeitabständen zwischen den Vergaben sowie einer überproportionalen Anwendung zum Zusammenbruch der Population. Folglich ist der Einsatz von Nährstoffanreicherungssubstanzen in geringeren Dosen und längeren Zeitabständen zu empfehlen. Die Übertragung der Wachstumsergebnisse auf Behälter größerer Volumina (300-l-Kleinsilobehälter) zeigte bei *P. caudatum* stark veränderte Kultivierungsverhältnisse. Eine direkte Übertragung der Wachstumsleistung war nicht möglich. Die Kleinsilobehälter zeigten aufgrund ihrer Bauform (relativ große Wassersäule) schlechtere Bedingungen hinsichtlich des Sauerstoffangebotes im gesamten Wasserkörper. Eine permanente Belüftung mittels Membranpumpen führte aufgrund verstärkter Blasenbildung und Strömung zum Zusammenbruch der Population. Untersuchungen innerhalb der Wassersäule der Behälter ohne Belüftung zeigte eine heterogene Verteilung von Paramecien und juveniler Parameciенstadien. Größere, adulte Exemplare waren im Randbereich und vermehrt an der Wasseroberfläche zu finden. Kleinere Exemplare fanden sich im gesamten Wasserkörper, teilweise auch über dem Behälterboden. Allgemein beschreiben die Populationen beider Behälter (P I; P II; Abbildung 4) während des Versuchszeitraumes annähernd den gleichen Wachstumsverlauf. Die Maxima sowie Minima der Parameciенpopulationen liegen in denselben Zeitintervallen. Die Verschiebung des zweiten Maxima bei P I im Vergleich zu P II ist nicht erklärbar.

Für die Anfütterung der Zanderlarven konnten aufgrund der Voruntersuchungen genügend Individuen von Paramecien kultiviert werden. Nachdem die Vertikalbewegung (RIEGER & SUMMERFELT, 2005) der Larven abgeschlossen war, erfolgte die Anfütterung der Zanderlarven mit Plankton. Zur kleinfraktionierten Planktonvergabe wurde *P. caudatum* (mit Nährstoffen angereichert, EASY SUPER SELCO®, INVE) als Zufütterung (co – feeding) für 8 Tage (ab Tag 5 nach dem Schlupf) beigemengt. Die Zeitspanne der Parameciенaufnahme umfasste insgesamt drei Tage (Tag 10 bis Tag 12 nach dem Schlupf). HAMZA ET AL. (2007) verwendeten „Microartemien“ (AF, INVE) etwa gleicher Größe im selben Zeitraum (vom 4. bis 10. Tag nach dem Schlupf) bei der Zanderanfütterung. Innerhalb dieses Zeitraumes veränderte sich die Masse der Zanderlarven im vorliegenden Versuch von 0,003 g (N = 10) nicht. Die Länge erhöhte sich um 0,90 mm (5,15 mm: ± 0,41 bis 6,05 mm: ± 0,36; n = 10). Der Konditionsfaktor verringerte sich um 1,29 (von k = 2,19 Tag 10 bis k = 0,90 Tag 13; n = 10). Nachdem keine Paramecien im Darmkanal der Zanderlarven festgestellt werden konnten (12. Tag), wurde die Fütterung von *P. caudatum* eingestellt. Anschließend erfolgte die Vergabe von gröber fraktioniertem Plankton.

Aufgrund der Haltungstemperaturen von 16 °C wurden für eine bessere Konditionierung sowie Trockenfutteradaptation die Phasen der Planktonvergabe, Artemia – Fütterung und der Umstellungszeitraum an Trockenmischfuttermittel verlängert. Zeitweilig wurde versucht Zanderlarven an gefrostete Chironomidenlarven nach ZIENERT & WEDEKIND (2001) zu gewöhnen, um die Umstellung auf Trockenfuttermittel mittels spezieller Gefrierfuttermischung (KNAUS ET AL., 2010) zu erreichen. Die Larven zeigten kein Interesse an den Chironomidenlarven. Offensichtlich ist eine frühzeitige Prägung von Zanderlarven an unterschiedliche Lebendnahrungorganismen für eine bessere Akzeptanz nötig. Umstellungsversuche von in Teichen vorgestreckten Zandern zeigten dagegen eine hohe Akzeptanz für Chironomiden als Übergangsfuttermittel wie beschrieben bei ZIENERT & WEDEKIND (2001), ZIENERT & HEIDRICH (2005) bzw. KNAUS ET AL. (2010). Aufgrund der Intoleranz von gefrosteten Chironomiden wurde die Umstellung mittels Artemien in

Kombination mit Trockenfutter (PROTON, INVE) nach ZIENERT & HEIDRICH (2005), HAMZA ET AL. (2007) sowie KESTEMONT ET AL. (2007) durchgeführt. Dabei zeigten die Zanderlarven eine Wachstumsrate von 4,92 % d^{-1} sowie eine Überlebensrate von 20,45 % (relative Überlebensrate: Zählung ab Tag 33). Ähnliche Überlebensraten konnten bei Untersuchungen von GIELEN ET AL. (2003) mit 19,3 % bei einer Temperatur von 17 °C festgestellt werden. Es wurde eine negative Korrelation zwischen höheren Temperaturen und Überlebensraten festgestellt. Während bei einer Temperatur von 17 °C die Überlebensrate mit 19,3 % am höchsten war, zeigten höhere Temperaturen von 20 °C und 23 °C verringerte Überlebensraten von 16,6 % bzw. 4,3 %. Das Wachstum war im Vergleich zum vorliegenden Versuch (4,92 % d^{-1}, 16 °C) bei 17 °C mit 14,8 % d^{-1} höher und zeigte im Gegensatz zur Überlebensrate eine positive Korrelation zu höheren Temperaturen mit 21,2 % d^{-1} (23 °C) bzw. 17,7 % d^{-1} (20 °C). Der Einfluss höherer Temperaturen auf das Wachstum von Zanderlarven bestätigt sich bei Untersuchungen von HAMZA ET AL. (2007). Bei Temperaturen von 19 – 20 °C wurde eine 2,6-mal höhere Wachstumsrate (12,8 % d^{-1}) als im vorliegenden Versuch festgestellt. Dabei waren die Artemia – Phase mit maximal 21 Tagen sowie die Umstellung auf Trockenfutter in einem Zeitraum von 6 – 7 Tagen bedeutend kürzer. Eine vergleichbare Wachstumsrate von 5,9 % d^{-1} gegenüber dem vorliegenden Versuch (4,92 % d^{-1}) zeigte die Gruppe mit der Umstellung am 9. Tag (Artemia – Phase von 5 Tagen).

Die Überlebensrate ist offensichtlich nicht nur von der Temperatur (negative Korrelation), sondern auch vom Zeitpunkt der Umstellung auf Trockenmischfuttermittel abhängig. KESTEMONT ET AL. (2007) fanden bei Temperaturen von 20,0 – 21,2 °C und einer Umstellung am 12. Tag nach dem Schlupf eine annähernd hohe Mortalität von 68, 6 % im Vergleich zum vorliegenden Versuch von 78,54 % (relative Mortalität: Zählung ab Tag 33) und der Umstellung am 37. Tag. Die Umstellung auf Trockenmischfuttermittel wurde an vier aufeinanderfolgenden Tagen im Vergleich zur vorliegenden Arbeit mit 19 Tagen durchgeführt. Die Untersuchungen von KESTEMONT ET AL. (2007) zeigen weiterhin die geringste Mortalität bei der Umstellung am 19. Tag, allerdings mit dem höchsten Anteil von Kannibalismus mit 36,7 %.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Der vorliegende Versuch unter praxisnahen Bedingungen beschreibt die Verwendung von *Paramecium caudatum* als Zufütterung zum Plankton bei frisch geschlüpften Zanderlarven (*Sander lucioperca*, L.). Ziel war es einen alternativen Lebendnahrungorganismus zu finden, welcher die relativ kostenintensive „Microartemia“ Fütterung bei Zanderlarven ersetzen kann sowie eine Stabilisierung des oft schwankenden Planktonangebotes herbeiführt. Die alternative Lebendnahrung sollte folgende Bedingungen erfüllen: a) gute Aktzeptanz bei Zanderlarven, b) mögliche Verwendung als „Carrier“ essentieller Nährstoffe sowie c) unaufwändige Kultivierungseigenschaften in kurzen Zeiträumen. Ergebnisse von Voruntersuchungen zeigten eine gute Eignung von *Paramecium caudatum* hinsichtlich der Kultivierung unter Aquakulturbedingungen. Das Anbieten von *P. caudatum* als Zufütterung zum Plankton nach dem Ende der Vertikalbewegung zeigte bei larvalen Zandern eine gute Aufnahme der Ciliaten für drei Tage. Die im dunklen Haltungsbecken hell erscheinenden Paramecien waren im Darmkanal der Zanderlarven ohne optische Vergrößerung zu erkennen. Untersuchungen der Zanderlarven unter dem Stereomikroskop zeigten Akkumulationen vieler Paramecien im Magen-Darmkanal der Larven. Dabei war innerhalb

der gesamten Zanderlarvenmenge nur eine Teilmenge mit Paramecien gefüllt (etwa die Hälfte). Die Kontrolle des Darminhaltes zeigte keine weiteren Lebendnahrungsorganismen als *Paramecium caudatum*, so dass von einer Spezialisierung dieser Larven auf den Lebendnahrungorganismus gesprochen werden kann.

Der Einsatz von *P. caudatum* zur Anfütterung von Zanderlarven als Substitut von Microartemien bzw. hinsichtlich einer Stabilisierung des Planktonangebotes scheint möglich. Weitere Untersuchungen werden die Verwendung von *P. caudatum* bezüglich der Kultivierung und Darreichungsmenge sowie Methode verifizieren.