

Abschlussbericht

zum Projekt:

Entwicklung eines artgerechten Fütterungsprotokolls zur Aufzucht von Fischlarven des Zanders (*Sander lucioperca*) mit lebenden Nährtieren

Aktenzeichen: **33918/01-34**

Projektstart: **01.03.2019**

Projektlaufzeit: **01.03.2019 – 28.02.2021**
Kosteneutrale Verlängerung bis **31.08.2021**

Berichtszeitraum: **01.03.2019 – 31.08.2021**

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Verfasser:



Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät

Professur Aquakultur und Sea-Ranching

Dr. Adrian Bischoff-Lang

Justus-von-Liebig-Weg 2

18059 Rostock

Kooperationspartner:



Aquacopa GmbH

Dr. Hanno Bährs

Hoher Damm 25

17194 Jabel

Inhaltsverzeichnis

Titelblatt	1
Institutionen	2
Inhaltsverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	5
Verwendete Abkürzungen	6
Zusammenfassung	7
Anlass und Zielsetzung des Projektes	9
Darstellung der Arbeitsschritte und angewandten Methoden	10
Administrativer Vorlauf und Projektadministration	10
Wissenschaftlichen Tätigkeiten	10
Konzeptionierung Fütterungsversuche	10
Konzeptionierung und Etablierung der Planktonkulturen	11
Aufbau und Inbetriebnahme der Versuchskreislaufanlage	12
Durchführung der Fütterungsversuche mit Zanderlarven	14
Konzeptionierung der Zooplanktonversuche (<i>Apocyclops panamensis</i>)	15
Durchführung der Zooplanktonversuche (<i>Apocyclops panamensis</i>)	17
Ergebnisse	17
Planktonkulturen, inklusive Zooplanktonversuche (<i>Apocyclops panamensis</i>)	17
Fütterungsversuche Zanderlarven	27
Diskussion	30
Erreichte Ziele	30
Aufgetretene Probleme	32
Zusammenarbeit zwischen den Kooperationspartnern	33
Abweichungen und Veränderungen im Vergleich zum Projektantrag	33
Öffentlichkeitsarbeit	34
Veröffentlichungen in der Vorbereitung	34
Nationale und internationale Netzwerkbildung	34
Fazit	35
Literaturangaben	36
Danksagung	37

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Vorkulturen der Mikroalgen in Kulturflaschen auf der Lichtbank unter 24 Stunden Dauerbeleuchtung, welche anschließend im größeren Maßstab für die Fütterung der Zooplanktonorganismen genutzt wurde.	11
Abbildung 2	Photobioreaktoren für die Mikroalgenkultur, um die Bereitstellung der Nahrung für die benötigten Zooplanktonorganismen während der Versuchsphase mit den Zanderlarven zu erreichen.	12
Abbildung 3	Planktonkulturbehälter im FischGlasHaus (FGH) der Universität Rostock, für die Massenkultur der Zooplanktonorganismen <i>Brachionus plicatilis</i> bzw. <i>Apocyclops panamensis</i> für die Futtermittellieferung der Zanderlarven während der Versuchsphasen.	12
Abbildung 4	Ausschnitt einer Versuchskreislaufanlage (experimentelle Hälterungseinheit für Zanderlarven) für die Durchführung der Versuche zur Erarbeitung des Fütterungsprotokolls.	13
Abbildung 5	Ablauf eines Versuchsbeckens, welches mit einer 200 µm-Gaze belegt ist, um ein Entkommen der Zanderlarven aus den Versuchsbecken zu verhindern.	14
Abbildung 6	Durchlaufkühlgerät zur Aufrechterhaltung der konstanten Wassertemperatur während der Versuchsphasen.	14
Abbildung 7	Verlauf der Zellzahlen der Mikroalgenkultur <i>Nannochloropsis</i> sp.	18
Abbildung 8	Verlauf der Zellzahlen der Mikroalgenkultur <i>Isochrysis galbana</i> .	18
Abbildung 9a	Konzentrationsverlauf Nitrat für die Mikroalgenkultur <i>Nannochloropsis</i> sp.	18
Abbildung 9b	Konzentrationsverlauf Phosphat für die Mikroalgenkultur <i>Nannochloropsis</i> sp.	18
Abbildung 10a	Konzentrationsverlauf Nitrat für die Mikroalgenkultur <i>I. galbana</i> .	18
Abbildung 10b	Konzentrationsverlauf Phosphat für die Mikroalgenkultur <i>I. galbana</i> .	18
Abbildung 11	Erzielte Organismendichten (<i>A. panamensis</i>) der unterschiedlichen Behandlungsstufen in Versuch 1, aufgeteilt auf die einzelnen Lebensabschnitte.	20
Abbildung 12	Verteilung der einzelnen Lebensabschnitte von <i>A. panamensis</i> nach 10 bzw. 20 Versuchstagen.	21
Abbildung 13	Erzielte Organismendichten (<i>A. panamensis</i>) der unterschiedlichen Behandlungsstufen in Versuch 2, aufgeteilt auf die einzelnen Lebensabschnitte.	22
Abbildung 14	Verteilung der einzelnen Lebensabschnitte von <i>A. panamensis</i> nach 10 bzw. 20 Versuchstagen.	23
Abbildung 15	Erzielte Organismendichten (<i>A. panamensis</i>) der unterschiedlichen Behandlungsstufen in Versuch 3, aufgeteilt auf die einzelnen Lebensabschnitte.	25
Abbildung 16	Verteilung der einzelnen Lebensabschnitte von <i>A. panamensis</i> nach 10 bzw. 20 Versuchstagen.	26
Abbildung 17	Darstellung des im Projekt erarbeiteten Fütterungsprotokolls.	32

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Prozentuale Verteilung der Fettsäuren der kultivierten Mikroalgen <i>Nannochloropsis</i> sp. und <i>I. galbana</i> ; die Tabelle enthält 94,4-94,6% des Gesamtgehalts der gesamten Fettsäuren.	19
Tabelle 2	Fettsäureprofil von <i>A. panamensis</i> erzielt während des ersten Versuchs, nach 20 Tagen Fütterung mit den 3 verschiedenen Futtersorten. Die Tabelle enthält zwischen 80 und 95 % der gesamten Fettsäuren.	21
Tabelle 3	Fettsäureprofil von <i>A. panamensis</i> erzielt während des zweiten Versuchs, nach 20 Tagen Fütterung mit den 3 verschiedenen Futtersorten. Die Tabelle enthält zwischen 80 und 95 % der gesamten Fettsäuren.	24
Tabelle 4	Zusammenfassende statistische Auswertung aller drei Copepodenversuche.	26
Tabelle 5	Darstellung des jeweiligen individuellen experimentellen Designs der einzelnen Fütterungsversuche mit Zanderlarven.	27
Tabelle 6	Range der ermittelten Wasserparameter während der experimentellen Fütterungsversuche mit den Zanderlarven.	28
Tabelle 7	Darstellung der durchschnittlichen Überlebensraten während der einzelnen Fütterungsversuche mit Zanderlarven sowie der morphologischen Daten der Zanderlarven.	28
Tabelle 8	Exemplarische Darstellung des ursprünglichen Fettsäuregehalts ausgewählter Fettsäuren als Mittelwert \pm Standardabweichung in [$\mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$] auf Trockengewichtsbasis der Zanderlarven aus den Fütterungsversuchen 1 und 2. Die Tabelle enthält die 95 % der gesamten Fettsäuremengen.	29
Tabelle 9	Exemplarische Darstellung der Fettsäuregehalt als Mittelwert in [$\mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$] auf Trockengewichtsbasis der kultivierten Zanderlarven an Tag 11 nach Schlupf in den Fütterungsversuchen 1 und 2 bei unterschiedlichen Futterangeboten. Die Kennzeichnungen ^a , ^b , ^c , ^d und ^e stellen signifikante Unterschiede dar und *, wenn keine Normalverteilung der Daten vorgefunden wurde. Die Tabelle enthält die 95 % der gesamten Fettsäuremengen.	30

Verwendete Abkürzungen

UFZ	Helmholtz Zentrum für Umweltforschungszentrum, Standort Magdeburg
AE19	Jährliche Aquakulturkonferenz der Europäischen Aquakulturgesellschaft (EAS), diese für das Jahr 2019
AE20	Jährliche Aquakulturkonferenz der Europäischen Aquakulturgesellschaft (EAS), diese für das Jahr 2020
AE21	Jährliche Aquakulturkonferenz der Europäischen Aquakulturgesellschaft (EAS), diese für das Jahr 2021
EAS	European Aquaculture Society (Europäische Aquakulturgesellschaft)
LFA MV	Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Institut für Fischerei, Standort Hohen Wangelin
FGH	FischGlasHaus am Lehrstuhl Aquakultur und Sea-Ranching der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät der Universität Rostock
mL	Milliliter

Zusammenfassung

Das Projekt „Entwicklung eines artgerechten Fütterungsprotokolls zur Aufzucht von Fischlarven des Zanders (*Sander lucioperca*) mit lebenden Nährtieren“, Aktenzeichen 33918/01-34, welches zum 06.12.2018 durch die DBU zur Förderung bewilligt wurde, startete seitens der Projektpartner Universität Rostock, Professur Aquakultur und Sea-Ranching (Projektleitung) und der Aquacopa GmbH zum **01.03.2019**. Die ursprüngliche Projektlaufzeit betrug 24 Monate, sodass das Projekt zum **28.02.2021** enden sollte, aber aufgrund der coronabedingten Verzögerungen und Einschränkungen wurde eine kostenneutrale Projektverlängerung von 6 Monaten beantragt, sodass das Projekt letztendlich zum **31.08.2021** endete.

Zu Beginn des Projektes wurden die administrativen Grundlagen für den ordnungsgemäßen Ablauf des Projektes an der Universität Rostock geschaffen. Dies bedeutete die formale Eröffnung des Projektes an der Universität Rostock, die Einstellung einer geeigneten Kandidatin für die Projektarbeit, die Abstimmung der Projektpartner sowie der assoziierten Partner, zur Umsetzung der vorgesehenen Arbeitsschritte des Projektes gemäß der aktuellen Auslastung der Partner. Aufgrund des größeren zeitlichen Abstandes zwischen Antragserarbeitung und -einreichung sowie der Bewilligung kam es zu Veränderungen gegenüber dem Zeit- und Arbeitsplan, welche sich unter anderem in der Versorgung des Projektes mit Zanderlarven für die Fütterungsversuche bemerkbar machte, da die Zanderlarven zunächst nicht wie ursprünglich geplant ausschließlich durch die Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Standort Hohen Wangelin (LFA MV) stattfinden konnte, da dort die Klimakammern zur Erreichung der Laichreife der Zanderelterntiere für eigene Versuchszwecke synchron genutzt wurden und somit in 2019 und auch in der ersten Hälfte des Jahres 2020 nur einmal Zanderlarven zur Verfügung standen. Mittlerweile wird im normalen Arbeitsablauf der Zandernachzuchtanlage in Hohen-Wangelin das sogenannte „Out-of-Season-Spawning“ mehrfach im Jahr praktiziert, was bedeutet, dass nun 4-6 mal pro Jahr Fischlarven zur Verfügung stehen, welche dann auch für die Versuchszwecke des Projektes genutzt wurden.

Durch die Projektmitarbeiterin der Universität Rostock wurden zusammen mit dem Projektpartner Aquacopa GmbH die Versuchsplanung und die Vorbereitung der Versuchsdurchführung unter den vorherrschenden Bedingungen erarbeitet. Hierzu zählten unter anderem die Abklärung der voraussichtlichen Verfügbarkeit von Zanderlarven sowohl durch die LFA MV als auch durch anderen Lieferanten. Des Weiteren wurde der Aufbau, die Inbetriebnahme der Kultursysteme und die täglichen Routinen zur Kultur der Lebendnahrung, insbesondere vor den Experimenten mit den Zanderlarven absolviert. Hierfür wurden jeweils das Versuchssystem für die Fütterungsversuche gereinigt und neu In Betrieb genommen. Es wurde frühzeitig im Projekt mit der Erstellung des Tierversuchsantrages, in Abstimmung mit der Tierschutzbeauftragten der Universität Rostock, in Angriff genommen. Aufgrund der hohen Sensibilität der Zanderlarven konnte während der Versuchsphasen nicht immer auf Standardverfahren zurückgegriffen werden, sodass während der Tierversuchsantragserstellung verschiedene Methoden und Verfahren sehr ausführlich erörtert werden mussten, insbesondere das Töten der Zanderlarven für analytische Zwecke, sodass sich das Antragsverfahren unglücklicherweise deutlich zeitintensiver gestaltete als ursprünglich geplant und erhofft. Nichtsdestotrotz lag ab Ende November 2019 dann doch die Erlaubnis zur Tierversuchsgenehmigung vor, sodass ab diesem Zeitpunkt auch wirklich mit Zanderlarven gearbeitet werden konnte.

In Kooperation mit dem Projektpartner Aquacopa GmbH wurde in der Zwischenzeit bis zur Erteilung der Tierversuchsgenehmigung sowie der Verfügbarkeit von Zanderlarven die Projektmitarbeiterin in die Kultur von Phyto- und Zooplankton eingewiesen, um die Lebendfütterversorgung der Zanderlarven während der Versuchsphasen sicherzustellen. Dazu wurden am Standort der Universität Rostock unter Anleitung der Aquacopa GmbH verschiedene Becken und Reaktoren für die Kultivierung von Plankton installiert und in Betrieb genommen. Zusätzlich wurde seitens der Aquacopa GmbH am eigenen Standort zunächst in Teterow, dann in Jabel mit der Kultivierung der Futterorganismen begonnen, um eine externe und zusätzliche Versorgung mit Lebendfutter während der Fütterungsversuche zu

gewährleisten. Dies hatte sich im Verlauf des Projektes als sehr vorteilhaft erwiesen, da es immer wieder zu Ausfällen bei den Kulturen kam und so zeitnah Ersatz geschaffen werden konnte.

Um dem Problem der veränderten Larvenversorgung entgegenzuwirken, wurde intensiv in den verschiedenen zur Verfügung stehenden professionellen Netzwerken nach alternativen Versorgern von Zanderlarven gesucht. Mit der Firma Basis 57 in der Schweiz (außerhalb der EU) konnte ein potentieller Lieferant ausfindig gemacht werden. Die Vorbereitungen für einen ersten Transport von befruchteten Zandereiern waren nahezu vollständig abgeschlossen und der Transport sollte Anfang / Mitte April 2020 realisiert werden, musste jedoch aufgrund der temporären Schließung der Universität Rostock aufgrund der Corona-Pandemie ausgesetzt werden. Mit der Firma FTN AquaArt AG, mit Sitz in der Schweiz, aber einer Anlage in Prag (innerhalb der EU) konnte ein weiterer Lieferant lokalisiert werden und die ersten befruchteten Zanderei wurden Mitte März 2020 für die finale Erbrütung in die Versuchseinrichtung der Universität Rostock überführt, um nach dem Schlupf für die erste Versuchsreihe genutzt zu werden. Des Weiteren konnte mit Inagro vzw, einer belgischen Forschungseinrichtung, ein weiterer Lieferant für Zanderlarven aufgetan werden, zu dem Kontakt über das Netzwerk European Percid Fish Culture (EPFC) bestand. Aufgrund der Erweiterung der Temperaturkammern am Standort Hohen Wangelin konnten dann ab Mitte 2020 und im Jahr 2021 regelmäßig Zanderlarven bezogen werden.

Nach Erhalt der Tierversuchsgenehmigung wurden regelmäßig Experimente mit den Zanderlarven durchgeführt und es konnten gute und aussagekräftige Ergebnisse erzielt werden. So konnten unter anderem durchschnittliche Überlebensraten für die Versuchsabschnitte Tag 3 – 10 und Tag 11 – 18 nach Schlupf von jeweils 32 - 94% und 24 – 74% erreicht werden. Für dieselben Versuchsabschnitte konnten durchschnittliche Wachstumsraten von bis $5,4\% \cdot \text{Tag}^{-1}$ bzw. bis $4,6\% \cdot \text{Tag}^{-1}$ erreicht werden. Es konnte auch eindeutig bestätigt werden, dass *Brachionus plicatilis*, ein marines Rädertierchen, als Erstfutterorganismus mit Beginn der externen Futteraufnahme aufgenommen und verdaut werden konnte und somit in Bezug auf Größe und biochemischer Zusammensetzung einen gut geeigneten Lebendfutterorganismus für die Erstfütterung von Zanderlarven darstellt. Es wurde jedoch auch deutlich, dass weiterhin Optimierungsbedarf bei der Aufzucht der Zanderlarven besteht, da ersichtlich wurde, dass der Aufzuchterfolg nicht nur von der genauen Konzentration der einzelnen Lebendfutterorganismen, oder vom Zeitraum der einzelnen Fütterungsphasen der verschiedenen Lebendfutterorganismen abhängt, sondern sehr stark auch von der Ei- und somit der Larvenqualität. Diese zeigt über die verschiedenen Einzelversuche eine gewisse Streuung und beeinflusste die Ergebnisse. Durch die Untersuchung der Fettsäurezusammensetzung der kultivierte Zanderlarven konnte gezeigt werden, dass die Lebendfütterversorgung mit den ausgewählten Organismen einen positiven Effekt auf die biochemische Zusammensetzung der Zanderlarven hatte. So konnte ein Optimalbereich in Bezug auf die Mindestmenge an Futterorganismen pro Zanderlarve und Tag sowie eine Organismenkonzentration, die vorhanden sein sollte, um eine ausreichende Aufnahme an Futterorganismen durch die Zanderlarven sicherzustellen, anhand der Datenlage bestimmt werden.

Da es neben den experimentellen Fütterungsversuchen für das Projekt auch wichtig war, die Eignung und Qualität der eingesetzten Lebendfutterorganismen bewerten zu können, wurden grundlagenforschungsbezogene Versuchsreihen mit dem Lebendfutterorganismus *Apocyclops panamensis* (Copepoda) durchgeführt, da dieser Organismus aufgrund seines Größenspektrums als Folgeorganismus von *Brachionus plicatilis* geeignet ist. Es liegen jedoch keine bzw. kaum wissenschaftlich belastbaren Daten bezüglich artgerechter Kulturbedingungen, möglicher Wachstumsraten, der Fettsäurezusammensetzung, oder maximal erreichbarer Besatzdichten vor, welche für eine Nutzung als Lebendfutterorganismus als wesentlich einzustufen sind. Durch die durchgeführten Versuche konnten die erforderlichen Daten gewonnen werden, um ein Kulturprotokoll für *Apocyclops panamensis* zu etablieren und diese somit regelmäßig als Folgeorganismus im Fütterungsprotokoll einzusetzen. Dieses Kulturprotokoll beinhaltet unter anderem die Startkonzentration der Copepoden, als auch die Art und tägliche Menge der Futteralge, welche notwendig sind, um eine stabile Kultur aufzubauen.

Aufgrund der aufgetretenen Corona-Pandemie und den damit einhergehenden täglichen Einschränkungen, welche insbesondere von Mitte März 2020 bis Juni 2021 vorherrschten, wurden die Projektarbeiten deutlich erschwert. Dies zog sich über alle Projektteile hinweg, wie z.B. dem persönlichen Austausch aller im Projekt beteiligter Parteien, dem Zugang zu den Räumlichkeiten, bis hin zur Verfügbarkeit von Reagenzien und Materialien für die Analytik. Aus diesem Grund wurde eine kostenneutrale Verlängerung beantragt und seitens der DBU bewilligt. Dadurch konnten die Projektarbeiten mit lediglich leichten Veränderungen in Bezug auf den Projektantrag durchgeführt werden.

Anlass und Zielsetzung des Projektes

Aufgrund der kontinuierlich steigenden Weltbevölkerung sowie der Stagnation der Fischereierträge aus Wildbeständen gewinnt die kontrollierte Fischzucht oder Aquakultur immer größere Bedeutung bei der Versorgung mit gesunden, nährstoffreichen, kontaminationsfreien und nachhaltig produzierten Nahrungsmitteln. Die deutsche Aquakulturproduktion ist aktuell durch einige wenige Süßwasserfische, wie Regenbogenforellen (*Oncorhynchus mykiss*), Karpfen (*Cyprinus carpio*), Afrikanischem Wels (*Clarias gariepinus*), oder die Miesmuschel (*Mytilus edulis*) im marinen Bereich geprägt. Die Eigenversorgungsrate der deutschen Aquakulturproduktion (Produktionsvolumen 31.768 Tonnen in 2018, bei einem Fischkonsum von 1,134 Mio. Tonnen in 2018) beträgt gerade einmal 2,8% und hier bedarf es eines weiteren Ausbaus der Kapazitäten, was besonders durch die Corona-Pandemie verdeutlicht wurde.

Der Zander (*Sander lucioperca*) gilt als einer der vielversprechenden Kandidaten für die Aquakultur sowohl in Deutschland als auch in einigen weiteren europäischen Ländern, jedoch ist hierfür das Verständnis und die Kontrolle des kompletten Lebenszyklus des Fisches essentiell. Bei der praktischen Umsetzung dieser Forderung bereitet jedoch die Larvenaufzucht des Zanders vielen Fischproduzenten immer noch sehr große Probleme. In diesem Lebensabschnitt entstehen immer noch die höchsten Mortalitätsraten im gesamten Lebenszyklus, wodurch Verbesserungen der Hälterungssysteme und Ernährungsprotokolle die größten Auswirkungen auf die Überlebensraten und damit auch auf das Wohlbefinden der Tiere und letztendlich auch auf die Nahrungsmittelversorgung haben. Zur Verbesserung der Fischlarvenaufzucht sollten im Rahmen dieses Projektes verschiedene Versuchsansätze zur Erarbeitung und Optimierung eines Fütterungsprotokolls für Zanderlarven durchgeführt werden. Hierfür sollten in den ersten Wochen nach Schlupf verschiedene Nährtiere als Lebendnahrung verfüttert werden. Die erzielten Ergebnisse (u.a. Überlebensrate, Wachstum, biochemische Zusammensetzung der Fischlarven) dienen zur Bewertung des Fütterungsprotokolls, um dieses dann zukünftig in Praxisbetrieben zu etablieren.

Darstellung der Arbeitsschritte und angewandten Methoden

Administrativer Vorlauf und Projektadministration

Nach Erhalt des Förderbescheids im Dezember 2018 wurden in Abstimmung mit dem Projektpartner Aquacopa GmbH der Projektbeginn sowie das Stellenprofil für die zu vergebende Projektstelle erarbeitet. Nach Eröffnung des Projektkontos an der Universität Rostock wurde der erste Mittelabruf gestartet und die Stellenbeschreibung veröffentlicht. Nach Abschluss der Auswahlgespräche wurde die Entscheidung anhand der vorliegenden schriftlichen Unterlagen sowie des persönlichen Eindrucks während der Vorstellungsgespräche getroffen. Nach Durchlaufen dieser Prozedur konnte letztendlich zum 01.07.2019 eine Projektmitarbeiterin eingestellt werden, die sich folglich während der kompletten Projektlaufzeit intensiv mit der Durchführung der Projektarbeiten befasste. Es wurde versucht die Mittelabrufe gleichmäßig auf die Projektlaufzeit zu verteilen und der erforderliche Zwischenbericht wurde etwa zur Hälfte der Projektlaufzeit eingereicht.

Wissenschaftliche Tätigkeiten

Nach Einstellung der Projektmitarbeiterin begann diese sich zunächst mittels einer Literaturrecherche in das Thema intensiv einzulesen. Aufbauend auf den Ergebnissen des Projektes „Entwicklung eines Zooplankton-Reaktors zur Unterstützung der Fischlarvenaufzucht relevanter Zielfischarten in Mecklenburg-Vorpommern“ (gefördert durch Mittel des Europäischen Fischereifonds des Landes Mecklenburg-Vorpommern (VI-560/7308-4)) sowie den aktuell publizierten Ergebnissen in der einschlägigen Fachliteratur wurde begonnen ein Versuchskonzept zu entwickeln, welches die aktuellen Erkenntnisse bezüglich maximaler Besatzdichten der Zanderlarven (Individuen pro Liter Kulturvolumen), Futterkonzentration, abiotische Parameter sowie angestrebter Probennahme für die Analysen der Überlebens- und Wachstumsraten sowie der Fettsäuren beinhaltet. Ebenso wurde mit der Dimensionierung der Versuchsbecken sowie der Kultureinheiten für die Lebendnahrung begonnen.

In Abstimmung mit dem Projektpartner Aquacopa GmbH wurde die Auswahl der ersten Futterorganismen getroffen und das Protokoll für deren Kulturen festgelegt. Die hierfür notwendige Infrastruktur wurde am Lehrstuhl Aquakultur und Sea-Ranching der Universität Rostock mit vorhandenen Gerätschaften aufgebaut und in Betrieb genommen

Konzeptionierung Fütterungsversuche

In Abstimmung mit dem assoziierten Partner LFA MV wurde ein angestrebte Besatzdichte von 50 Zanderlarven pro Liter Kulturvolumen in den Versuchsbecken festgelegt, welche dem aktuellen Stand des Wissens sowohl in den Forschungseinrichtungen als auch den Praxisbetrieben entspricht.

Des Weiteren wurde die angestrebte Futterkonzentration auf zunächst 200 Futterorganismen pro Larve und Tag festgelegt, da ein höherer Wert, welcher im späteren Verlauf des Projektes noch getestet wurde, aufgrund der bis dato begrenzten Expertise der Projektmitarbeiterin bezüglich der genutzten Lebendfutterorganismen unter den gegebenen Bedingungen nicht realisierbar war. Nichtsdestotrotz mussten mengenmäßig bereits für die hier festgelegten Lebendfutterkonzentrationen für *Brachionus plicatilis* für den ersten Versuchsabschnitt von 10 Tagen insgesamt 18.000.000 (18 Millionen) Individuen kultiviert und verfüttert werden.

Konzeptionierung und Etablierung der Planktonkulturen

Nach Festlegung der täglich benötigten Mengen an Lebendfutterorganismen wurde anhand der Erfahrungen des Projektpartners Aquacopa GmbH, inklusive einer Sicherheitsmarge, welche den Lerneffekt der Projektmitarbeiterin berücksichtigte, die Menge der täglichen Mikroalgenkultur anhand der Futteraufnahme der Zooplanktonorganismen ermittelt. Anhand dieser Kalkulationen und bekannter maximaler Besatzdichten der Zooplanktonorganismen wurden das benötigte Kulturvolumen sowie der Zeitraum bis zum Erreichen der Futtermengen modelliert und entsprechend zeitlich in den Projektzeitplan eingetaktet, um ausreichend vorbereitet zu sein, sobald Zanderlarven verfügbar waren.

In der praktischen Umsetzung bedeutete dies, dass Mikroalgen, wie beispielweise *Nannochloropsis* sp. sowie *Isochrysis galbana*, welche vom Projektpartner Aquacopa GmbH als Stammkultur zur Verfügung gestellt wurden, zunächst in kleineren Kulturflaschen (500 mL – 2000 mL, beispielhaft in Abbildung 1) vorkultiviert wurden und beim Erreichen einer festgelegten Zelldichte in größere Gefäße bzw. Photobioreaktoren (Abbildung 2) für die weitere Kultur überführt wurden. Durch eine regelmäßige Zugabe des Algenkulturmediums wurde somit nach und nach der Grundstock des Futters für die Kultur der Zooplanktonorganismen aufgebaut. Diese Arbeiten wurden durch die Aquacopa GmbH fachlich unterstützt. Am Standort der Aquacopa GmbH wurden über den gesamten Projektzeitraum die notwendigen Kulturen an Zooplankton (hauptsächlich *Brachionus* und *Apocyclops*) sowie marine Mikroalgen (*Nannochloropsis* und *Isochrysis*) gepflegt und skaliert, so dass i.d.R. eine gute Versorgung mit Lebendnahrung gewährleistet war. Durch die zeitgleiche Kultivierung von Nährtieren an der Universität Rostock konnte Ausfälle von Kulturen oder eine reduzierte Verfügbarkeit von Lebendnahrung ausgeglichen werden. Die Aquacopa GmbH hat die Projektpartner in Rostock zudem mit, für die Zucht von Plankton notwendigen Verbrauchsmitteln, wie synthetischem Meersalz, Dünger und Startkulturen versorgt.



Abbildung 1: Vorkulturen der Mikroalgen in Kulturflaschen auf der Lichtbank unter 24 Stunden Dauerbeleuchtung, welche anschließend im größeren Maßstab für die Fütterung der Zooplanktonorganismen genutzt wurde.



Abbildung 2: Photobioreaktoren für die Mikroalgenkultur, um die Bereitstellung der Nahrung für die benötigten Zooplanktonorganismen während der Versuchsphase mit den Zanderlarven zu erreichen.

Nach Erreichen einer zuvor festgelegten Mindestmenge an Mikroalgen wurde begonnen die ebenfalls vom Projektpartner Aquacopa GmbH zur Verfügung gestellten Zooplanktonorganismen *Brachionus plicatilis* (Rotatoria) und *Apocyclops panamensis* (Copepoda) in Planktonkulturbehältern (Abbildung 3) zu kultivieren. Die tägliche Routine hierfür war seitdem ein fester Bestandteil der wissenschaftlichen Arbeiten, da es für die spätere praktische Umsetzung wichtig war, zu wissen, wie lange eine Planktonkultur stabil betrieben werden konnte, welche Anzeichen für ein Zusammenbrechen einer Kultur auftreten können und ob und wie beispielsweise einem Kollaps der Kultur entgegengewirkt werden kann.



Abbildung 3: Planktonkulturbehälter im FischGlasHaus (FGH) der Universität Rostock, für die Massenkultur der Zooplanktonorganismen *Brachionus plicatilis* bzw. *Apocyclops panamensis* für die Futtermittellieferung der Zanderlarven während der Versuchsphasen.

Aufbau und Inbetriebnahme der Versuchskreislaufanlage

Nach Informationen des assoziierten Partners LFA MV waren die zum Abbläuen vorgesehenen Elterntiere der Zander in der Anlage in Hohen Wangelin voraussichtlich im Zeitraum Mitte / Ende Juli 2019 soweit, dass sie abbläuen würden. Somit hätten im Juni 2019 die ersten Vorbereitungen für das Einlaufen der Biofilter der Versuchskreislaufanlage in den Versuchseinrichtungen der Professur Aquakultur und Sea-Ranching in den Räumlichkeiten der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät der Universität Rostock (Abbildung 4) stattfinden sollen. Da jedoch zu diesem Zeitpunkt noch keine Tierversuchsgenehmigung seitens des LALLF - Landesamt für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern vorlag, konnten die Zanderlarven

dieses Schlupfzeitraums nicht genutzt werden. Dies hatte zur Folge, dass es zu größeren Verzögerungen in der weiteren Versuchsplanung mit den Zanderlarven kam.



Abbildung 4: Ausschnitt einer Versuchskreislaufanlage (experimentelle Hälterungseinheit für Zanderlarven) für die Durchführung der Versuche zur Erarbeitung des Fütterungsprotokolls.

Für die geplanten Fütterungsversuche wurden verschiedene Versuchsbecken in den Versuchskreislauf integriert. Das Versuchsdesign wurde auf mindestens zwei Behandlungsstufen, mit jeweils drei Replikaten festgelegt. Abhängig von der Verfügbarkeit der Zanderlarven sowie der angestrebten Futterkonzentrationen und -mengen und den verfügbaren Planktonkulturkapazitäten wurden bis zu 5 verschiedene Behandlungsstufen in einen Versuch integriert.

Sämtliche Versuchsbecken wurden mit einer regulierbaren Wasserversorgung ausgestattet. Weiterhin wurden die Abläufe der Versuchsbecken mit Filtergaze (200 µm Maschenweite) versehen, um ein entkommen der Zanderlarven aus den Versuchsbecken zu verhindern (Abbildung 5). Auf eine zusätzliche Luftversorgung in den Versuchsbecken wurde verzichtet, um weder die empfindlichen Zanderlarven mechanisch zu stören, noch die absinkbaren Feststoffausscheidungen der Fischlarven, die abgestorbenen Lebendfutterorganismen oder die abgestorbenen Zanderlarven immer wieder aufzuwirbeln, da dies die Wasserqualität sehr stark negativ beeinflusst hätte. Als weitere technische Komponenten wurde ein Durchlaufkühlgerät der Firma Aqua Medic in den Versuchskreislauf integriert, um eine konstante Wassertemperatur, insbesondere während der warmen Monate zu gewährleisten (Abbildung 6).

Nach einer Einlaufphase von 3 Wochen hatten sich während einer ersten Testphase nahezu stabile Bedingungen eingestellt, lediglich die Wassertemperatur war zunächst noch zu hoch. Um dieses Problem zu lösen, wurden die Durchlaufkühlgeräte anderweitig positioniert, sodass eine direkte

Rückführung der entzogenen Wärme nicht wieder auftreten konnte. Folglich wurde für die jeweiligen Versuche ein Einlaufphase des Systems von 3 Wochen festgelegt und umgesetzt.

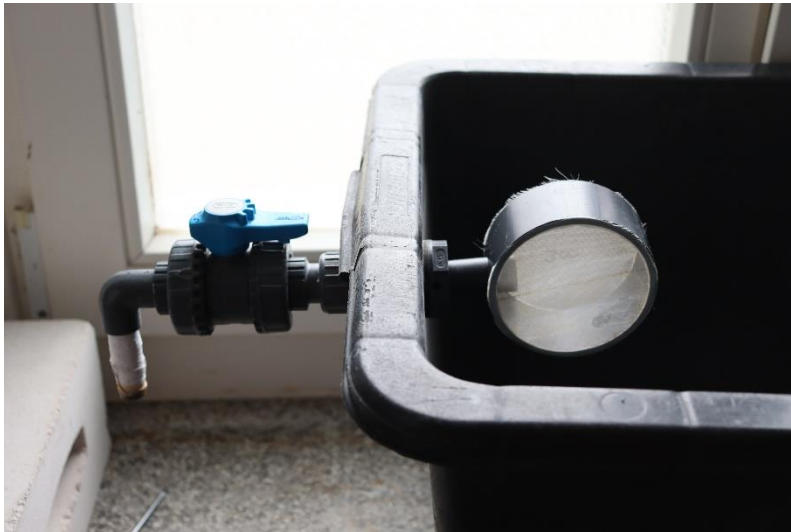


Abbildung 5: Ablauf eines Versuchsbeckens, welches mit einer 200 µm-Gaze belegt ist, um ein Entkommen der Zanderlarven aus den Versuchsbecken zu verhindern.



Abbildung 6: Durchlaufkühlgerät zur Aufrechterhaltung der konstanten Wassertemperatur während der Versuchsphase.

Durchführung der Fütterungsversuche mit Zanderlarven

In Abstimmung mit dem Projektpartner Aquacopa GmbH konnten für den ersten Versuch befruchtete Zandereier aus einer Aquakulturanlage in Prag erworben und nach Rostock transferiert werden. Der konkrete Termin für den Transport der Zandereier ergab sich für den 12.03.2020, sodass die Tiere an diesem Tag nach dem Eintreffen in den Räumlichkeiten der Universität Rostock in den dafür konzipierten und vorbereiteten Inkubator überführt wurden. Die Weitererbrütung erfolgte bei 14 °C Wassertemperatur und es wurden ab dann täglich einzelne Zandereier kontrolliert und auf bereits geschlüpfte Zanderlarven geprüft. Aufgrund der geringeren Temperatur während des Transportes und der benötigten Zeit zur Anpassung der Temperatur an die voreingestellten 14 °C kam es zu einer Verschiebung des Schlupfzeitpunktes, der somit nicht klar vorherzubestimmen war. Der Schlupf begann dann zeitlich etwas versetzt, aber mit diesen Tieren wurde der Versuchsaufbau besetzt und der Versuch konnte beginnen.

Während der nächsten 8 Versuchstage (Tag 3 bis 10 nach Schlupf) wurden die Tiere entsprechend der Festlegung der zwei Behandlungstufen entweder exklusiv mit *Brachionus plicatilis* (Kontrolle) oder mit einer Mischung von *Brachionus plicatilis* und *Apocyclops panamensis* im Verhältnis 1:1 (Behandlung) gefüttert. Als Futtermenge wurden zunächst 200 Individuen für jede Zanderlarve pro

Versuchstag angesetzt. Nach Abschluss der ersten Fütterungsphase am Tag 10 nach Schlupf wurden Zanderlarven für die morphometrischen Analysen sowie für Fettsäureanalysen entnommen und konserviert. Die verbleibenden Tiere wurden im Anschluss gemäß dem zuvor festgelegten Fütterungsprotokoll mit *Artemia* Nauplien versorgt und für weitere zehn Tage bis zum Tag 20 nach Schlupf weiterkultiviert. Nach Abschluss dieser zweiten Phase wurden wiederum Zanderlarven für die morphometrischen Analysen sowie die Fettsäureanalysen entnommen und konserviert. Die verbleibenden überlebenden Zanderlarven wurden für die Weiternutzung in ein separates Kreislaufsystem überführt.

Während der Versuchsphase wurden die nasschemischen Parameter (Temperatur, Sauerstoffkonzentration und -sättigung, pH-Wert, Salzgehalt und Leitfähigkeit), die Mortalitäten, sowie die morphologischen Daten zur Körperlänge, Maulspalte, Augendurchmesser und wo vorhanden zum Dottersack aufgenommen. Die Ermittlung und Analysen der morphologischen Daten der Tiere wurden zeitnah nach der jeweiligen Entnahme durchgeführt, da durch die Konservierung in Alkohol die Zanderlarven schrumpfen und es somit zu einer Veränderung der Ergebnisse kommen würde. Die Zanderlarven, welche für die Fettsäureanalysen entnommen wurden, wurden tiefgefroren und wurden ursprünglich für die Analyse beim assoziierten Projektpartner UFZ in Magdeburg, tiefgekühlt in Rostock gelagert. Aufgrund der Corona-Pandemie und den damit verbundenen Einschränkungen musste dieser Plan jedoch dann in 2021 verworfen werden. Es konnte jedoch glücklicherweise mit der Universität Greifswald, Abteilung Tierökologie, ein neuer adäquater assoziierter Partner aufgetan werden, bei dem die Fettsäureanalysen durchgeführt werden konnten.

Bezüglich der weiteren Fütterungsversuche wurde gemäß dem hier beschriebenen Prozedere vorgegangen. Es wurden lediglich die Futterorganismen sowie deren mengenmäßige Verteilung in den Behandlungsgruppen an die jeweiligen Fütterungsversuche angepasst. Insgesamt wurden im Laufe der Projektlaufzeit fünf separate Fütterungsexperimente mit den Futterorganismen *Brachionus plicatilis*, *Apocyclops panamensis* und *Artemia* spec. bei unterschiedlichen Besatzdichten und Futterkonzentrationen und Mengen pro Tier und Tag durchgeführt und ausgewertet.

Konzeptionierung der Zooplanktonversuche (*Apocyclops panamensis*)

In den letzten Jahren wurden und werden, sowohl im wissenschaftlichen als auch in den kommerziellen Produktionsbetrieben, verstärkt Anstrengungen unternommen, geeignete Futtermittel und Organismen für die Aufzucht von Fischlarven zu finden und anzuwenden, um die Kosten für die Produktion in der Aquakultur zu senken und das Wohlbefinden und somit auch das Überleben der Fischlarven zu erhöhen. Eines der Hauptprobleme besteht darin, zu definieren, was ein geeignetes Futter für die ersten Tage der Fütterung von Fischlarven ist. Bisher stellen der Salinenkrebs *Artemia* spec. und die Rädertierchen der Gattung *Brachionus* die am häufigsten zur Aufzucht von Fischlarven verwendeten Arten dar. Es besteht jedoch noch immer ein Mangel an Wissen über die konkreten Nährstoffbedürfnisse der Fischlarven, die von diesen Futtersorten wahrscheinlich noch nicht ausreichend erfüllt werden und die zudem artspezifisch unterschiedlich zu sein scheinen. Um den passenden Organismus bzw. die passenden Organismen für die Erstfütterung von Fischlarven zu finden, sollten verschiedene Faktoren gleichzeitig berücksichtigt werden, wie z.B. das Schwimmverhalten sowohl der Futterorganismen als auch der Fischlarven, die Größe der Fischlarven und das Größenspektrum der Lebendfutterorganismen, oder aber auch die maximale Bestandsdichte der Lebendfütterkulturen und die notwendigen Kulturbedingungen zum Erreichen dieser Besatzdichten. Ein weiterer wichtiger Faktor ist der Nährwert oder die biochemische Zusammensetzung der Futterorganismen.

In Kontext dieser Überlegungen wird den Copepoden immer mehr Aufmerksamkeit geschenkt (Ajiboye et al. 2010; Augustin et al. 2015). Copepoden stellen mit geschätzt 20.000 bis 30.000 beschriebenen Arten innerhalb des Zooplanktons eine wichtige und dominierende Gruppe dar und sind ein wichtiges

Bindeglied im aquatischen Nahrungsnetz. Sie stellen in der freien Natur für zahlreiche Fischarten bzw. deren Larven die wichtigste natürliche Nahrungsquelle dar und besitzen eine sehr biochemischen Zusammensetzung. Die Vermehrung ist zwar nicht so schnell wie bei den sich parthenogenetisch fortpflanzenden Rädertierchen und dauert, auch unter optimalen Bedingungen meistens mindestens 7-10 Tage. Dafür ist die nährstoffliche Zusammensetzung i.d.R. deutlich besser als in anderen Nahrungsquellen und gleicht den längeren Reproduktionszyklus somit aus. Es besteht jedoch die Notwendigkeit, die Effizienz der Kulturen in der Aquakultur zu steigern und dabei das Potenzial der Copepoden als Lebendfutter zu erhalten bzw. zu erhöhen (Ajiboye et al. 2010).

Hierfür muss auch die Ernährung der Copepoden stärkere Berücksichtigung finden. Ein gutes Management des Copepodenfutters, sprich der verfütterten Mikroalgen, ist notwendig, um die nährstoffliche Zusammensetzung der Copepoden und die optimale Größe (oder das optimale Entwicklungsstadium) zu erreichen, um den Nährstoffbedarf der Fischlarven zu decken (Kleppel et al. 2005). Folglich sollten bei der Produktion von Copepoden die Quantität und Qualität der Mikroalgen berücksichtigt werden. Ein großer Vorteil von Copepoden ist, dass sie aus kurzkettigen Fettsäuren, wie beispielsweise der Alpha-Linolensäure (18:3 (ω -3) essentielle langkettige Fettsäuren wie Eicosapentaensäure (EPA) und Docosahexensäure (DHA) synthetisieren können (Nanton und Castell (1998). Einige Studien haben bereits das Ernährungsprofil verschiedener Mikroalgenarten während der verschiedenen Wachstumsphasen untersucht. Die meisten von ihnen konzentrierten sich auf die polaren und unpolaren Lipide (Fettsäuren) während der exponentiellen und stationären Phase (Dunstan et al. 1993) und bezogen sich insbesondere hierbei auf die Stickstoff- und Phosphorversorgung. Bei unterschiedlichen Stickstoff- und Phosphorkonzentrationen haben die Mikroalgen unterschiedliche Kapazitäten zur Produktion von Fettsäuren. Es sind jedoch weitere Studien erforderlich, um zu überprüfen, welches N:P-Verhältnis für die jeweiligen Mikroalgenarten das geeignete ist, um die gewünschte Nahrung für die Copepoden zu produzieren (Rasdi & Quin 2016).

Der größte Teil der Anstrengungen zur Umsetzung dieser Idee in die Praxis wurde bisher bei den calanoiden Copepoden unternommen, da das Potenzial von Cyclopoiden in der Aquakultur, aufgrund der mangelnden Lagerung von Eiern und dem Problem des Nauplienmanagements (Støttrup 2006) auf den ersten Blick stärker eingeschränkt ist. Durch verstärkte Anstrengungen bei den cyclopoiden Copepoden lässt sich jedoch möglicherweise ihr Potenzial für die Aquakultur dennoch nutzen (Ajiboye et al. 2010).

Der cyclopoide Copepode *Apocyclops panamensis* scheint ein Kandidat für die Intensivkultur und die Nutzung in der Aquakultur zu sein (Phelps et al. 2005). Es wurde beschrieben, dass eine hohe Entwicklungsrate während eines 4-tägigen Reproduktionszyklus erreicht werden kann. Darüber hinaus kann eine hohe Dichte von 36 Individuen pro mL nach 6-tägiger Kultivierung von adulten Tieren bei einer anfänglichen Besatzdichte von 4,7 Individuen pro mL erreicht werden. Dies ist im Vergleich zu anderen *Apocyclops*-Arten deutlich höher, wobei hier die Dichte der adulten Tiere und das Platzangebot die limitierenden Faktoren sind. Es wurde zudem darauf hingewiesen, dass *Isochrysis galbana* als Futteralge für die Kultur von *A. panamensis* geeignet zu sein scheint.

Um die Fütterungsprotokolle der Fischlarven optimieren zu können, ist es notwendig den bzw. die eingesetzten Futterorganismus bzw. Futterorganismen zu kennen und zu verstehen. Das Ziel dieser Zooplanktonversuche war es, das Potenzial von *A. panamensis* als Lebendfutter für die Aufzucht von Fischlarven zu untersuchen und die optimalen Kulturbedingungen für die Copepodenzucht zu entwickeln, um den Bedürfnissen der Fischlarven in Bezug auf Nährstoffversorgung und Fütterungszeitpunkt gerecht zu werden. Des Weiteren wurde die Entwicklung der Copepodengemeinschaft während des Verlaufs der Experimente in Bezug auf Verteilung der Altersstadien und Eientwicklung hin untersucht.

Durchführung der Zooplanktonversuche (*Apocyclops panamensis*)

Während der Versuche wurden verschiedene Gruppen von *A. panamensis* mit unterschiedlichen Konzentrationen der Mikroalgenarten *Isoschrysis galbana* and *Nanochloropsis* sp. gefüttert und über einen Zeitraum von 20 Kulturtagen versorgt. Die Futtergruppen waren NANO100% (*Nanochloropsis* sp. mit 200.000 Zellen*mL⁻¹*Tag⁻¹), NANO+ISO (*Nanochloropsis* sp. mit 100.000 Zellen*mL⁻¹*Tag⁻¹ + *I. galbana* mit 50.000 Zellen*mL⁻¹*Tag⁻¹) und ISO100% (*I. galbana* mit 100.000 Zellen*mL⁻¹*Tag⁻¹).

Die ursprüngliche Population, welche als Kontrolle diente sowie die verschiedenen Behandlungsstufen wurden an verschiedenen Tagen in Triplikaten von jeweils 20 mL beprobt, nach der Probennahme durch eine 2%-ige Lugolreagenz konserviert und gelagert. Anschließend wurde jede Probe in Nauplien, Copepodite sowie männlich oder weiblich adulte Individuen klassifiziert. Alle gefundenen Eier wurden gezählt und alle Weibchen, die Eier trugen wurden ebenfalls identifiziert und gezählt. Es wurde das Verhältnis von Eiern pro Weibchen sowie das Geschlechterverhältnis, die Dichte und der relative Anteil jedes Copepodenstadiums (Nauplien, Copepoditen, adulte Copepoden) ermittelt. Zur Zählung der verbleibenden Algendichten wurden Wasserproben entnommen und eingefroren, mit denen zudem noch die Wasserqualität (Nährstoffkonzentrationen) überprüft wurden.

Ergebnisse

Planktonkulturen, inklusive Zooplanktonversuche (*Apocyclops panamensis*)

Die für das Projekt eingestellte Wissenschaftlerin wurde durch den Projektpartner Aquacopa GmbH in die Kultivierung der anvisierten Mikroalgenarten *Nannochloropsis* sp. und *Isochrysis galbana* unterwiesen und hatte danach begonnen die Kulturen in den Räumlichkeiten der Universität Rostock unter den gegebenen Bedingungen zu kultivieren. Weiterhin fand eine Einweisung in die Kultivierungsmethoden der ausgewählten Zooplanktonorganismen statt. Trotz intensiver Bemühungen und Anpassungen verschiedenster Parameter an die vor Ort vorherrschenden Bedingungen sowie größter Sorgfalt beim Umgang mit den Kulturen kam es immer wieder zu Zusammenbrüchen der Kulturen, welches in der Vorversuchsphase zunächst nicht als gravierend eingestuft wurde und durchaus hilfreich Erkenntnisse erbrachte, beispielsweise in Bezug auf die Färbung der gesunden bzw. gestressten Mikroalgenkulturen. Durch die Haltung und Kultivierung der verschiedenen Arten von Mikroalgen und Zooplankton bei beiden Versuchspartnern konnte, mit wenigen Ausnahmen, eine ausreichende Versorgung mit Nährtieren sichergestellt werden.

Es lässt sich im Nachhinein feststellen, dass ein funktionsfähiges Protokoll etabliert werden konnte und dass die Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen den Projektpartnern funktionierten, sodass es zu keinen Engpässen bei den Lebendfutterorganismen während der Versuchsphasen mit den Zanderlarven kam.

Zu den erzielten Ergebnissen der Planktonkulturen lässt sich sagen, dass die Mikroalgenkulturen in der Hinsicht erfolgreich verliefen, dass gemäß dem Kulturprotokoll stabile Mikroalgenkulturen aufgebaut werden konnten, welche dann wiederum als Futter für weitere Zwecke genutzt werden konnten. Die Abbildungen 7 und 8 zeigen die Verlauf der Zellzahlen für die Mikroalgen *Nanochloropsis* sp. und *Isoschrysis galbana*, die ins besonders als Futteralge für *Apocyclops panamensis* genutzt wurden.

Die Ausgangsdichte von *Nannochloropsis* sp. betrug $5,31 \cdot 10^6$ Zellen*mL⁻¹ und für *I. galbana* $7,51 \cdot 10^6$ Zellen*mL⁻¹. Nach 6 Tagen erreichten beide Mikroalgenarten die maximale Dichte von 22,4 bzw. $13,1 \cdot 10^6$ Zellen*mL⁻¹ und befanden sich damit in der exponentiellen Phase zwischen Tag 2 und Tag 5.

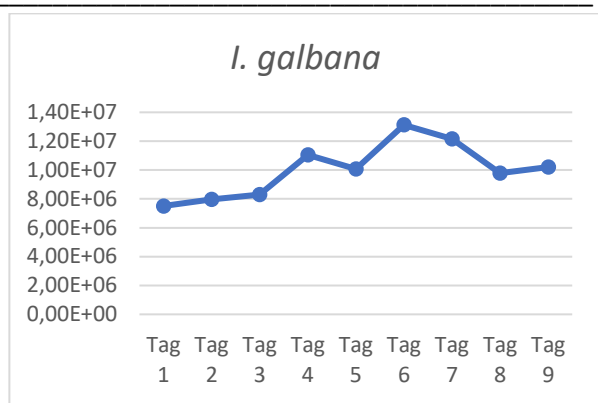
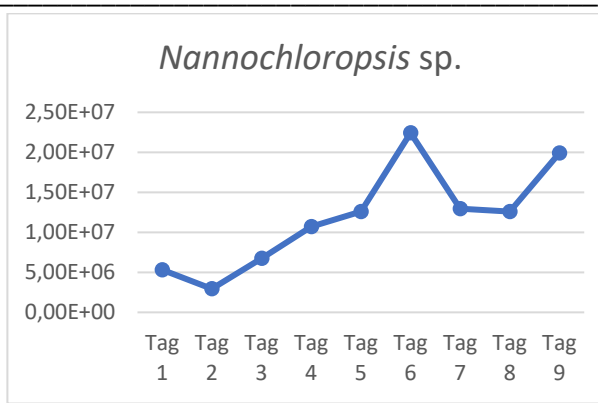


Abbildung 7: Verlauf der Zellzahlen der Mikroalgenkultur *Nannochloropsis sp.*

Abbildung 8: Verlauf der Zellzahlen der Mikroalgenkultur *Isochrysis galbana*

Die Abbildungen 9 und 10 zeigen die Konzentrationsverläufe der beiden Hauptnährstoffe Nitrat und Phosphat der Mikroalgenkulturen von *Nannochloropsis sp.* und *I. galbana*.

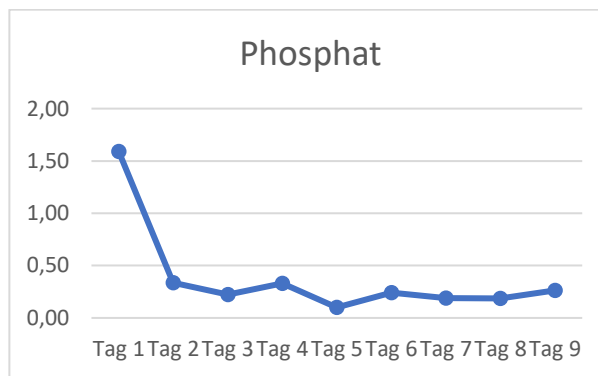
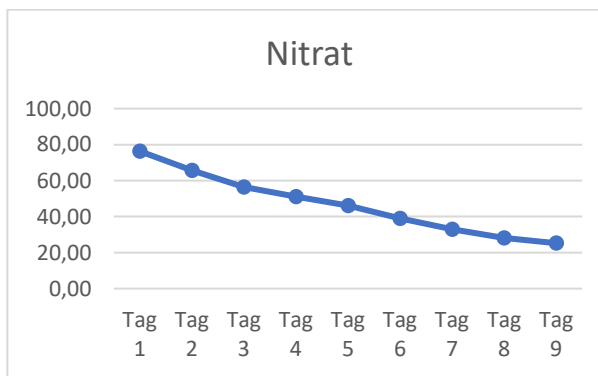


Abbildung 9a: Konzentrationsverlauf Nitrat für die Mikroalgenkultur *Nannochloropsis sp.*

Abbildung 9b: Konzentrationsverlauf Phosphat für die Mikroalgenkultur *Nannochloropsis sp.*

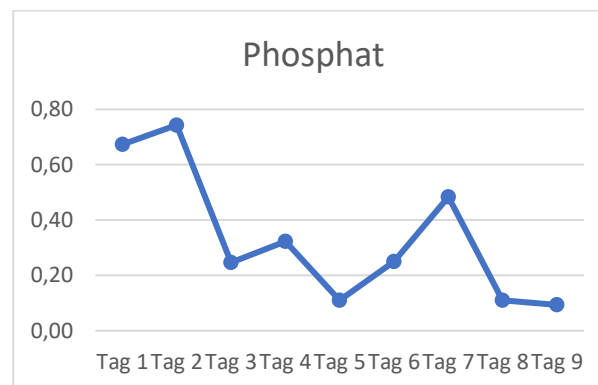
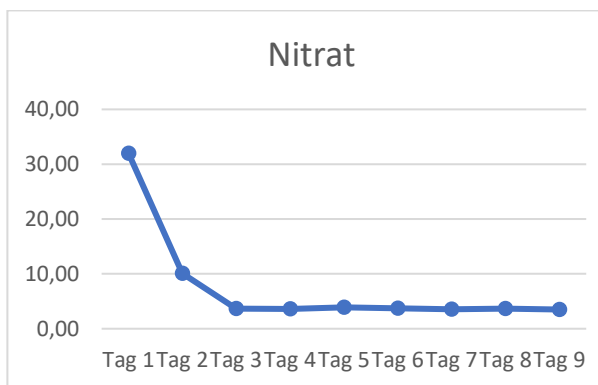


Abbildung 10a: Konzentrationsverlauf Nitrat für die Mikroalgenkultur *I. galbana*.

Abbildung 10b: Konzentrationsverlauf Phosphat für die Mikroalgenkultur *I. galbana*.

Tabelle 1: Prozentuale Verteilung der Fettsäuren der kultivierten Mikroalgen *Nannochloropsis* sp. und *I. galbana*; die Tabelle enthält 94,4-94,6% des Gesamtgehalts der gesamten Fettsäuren.

Fatty acids	Common name	<i>I. galbana</i>	<i>Nannochloropsis</i> sp.
C14:0	Myristic Acid	22.2%	6.8
C16:0	Palmitic acid	15.2	26.1
C16:1	Palmitoleic acid	9.2	39
C18:1	Oleic Acid	21.7	7
C18:2	Linoleic Acid LA	4.7	1.9
C18:3	Alpha-linolenic Acid ALA	11.8	0.9
C18:4n-3	Stearidonic acid	6.1	1
C20:4n-6	Arachidonic Acid ARA	0.1	1
C20:5n-3	Eicosapentanoic Acid EPA	0.4	10.5
C22:6	Docosahexanoic Acid DHA	2.9	0.4

Insgesamt wurden drei separate Versuche mit *Apocyclops panamensis* durchgeführt und deren Ergebnisse werden zum Vergleich nebeneinander dargestellt. Die Abbildungen 11 - 16 sowie die Tabellen 2 – 4 geben die erzielten Ergebnisse für die Experimente wider.

Die Aufzucht der Copepoden erfolgte bei Ammoniakkonzentrationen von $2,3 \pm 1,2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, Nitratkonzentrationen von $11,2 \pm 9,2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, Nitritkonzentrationen von $0,16 \pm 0,20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ und Phosphatkonzentrationen von $1,2 \pm 1,0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. Lediglich beim Nitrit wurden signifikante Unterschiede zwischen den Futtermitteln festgestellt, was hauptsächlich auf die hohen Werte des Futters Iso100% am Tag 20 zurückzuführen ist (Tabelle 4).

Im ersten Experiment, mit einer Anfangsdichte von $4 \text{ Individuen} \cdot \text{mL}^{-1}$, konnte zunächst eine Abnahme der Dichten während der ersten 2 Tage bis auf etwa $1 \text{ Nauplie} \cdot \text{mL}^{-1}$ festgestellt werden, die bis zum Tag 6 beibehalten wurde. Danach war eine Zunahme der Copepoditen festzustellen, oder anders ausgedrückt, die Nauplien entwickelten sich zu Copepoditen. Am 8. Tag konnten bereits adulte Männchen und Weibchen gefunden werden. Ab dem 12. Tag kam es zu einem schnellen Anstieg der Gesamtdichte und insbesondere der Nauplien-Dichte nach der Fortpflanzung und dann zu den entsprechenden Spitzenwerten bei den Copepoditen und adulten Tieren am Ende des Versuchs, wobei die Gesamtdichte der Copepoden zwischen 8 und $14 \text{ Copepoden} \cdot \text{mL}^{-1}$ lagen (Abbildung 11). Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Mikroalgen-Diäten festgestellt (Tabelle 4).

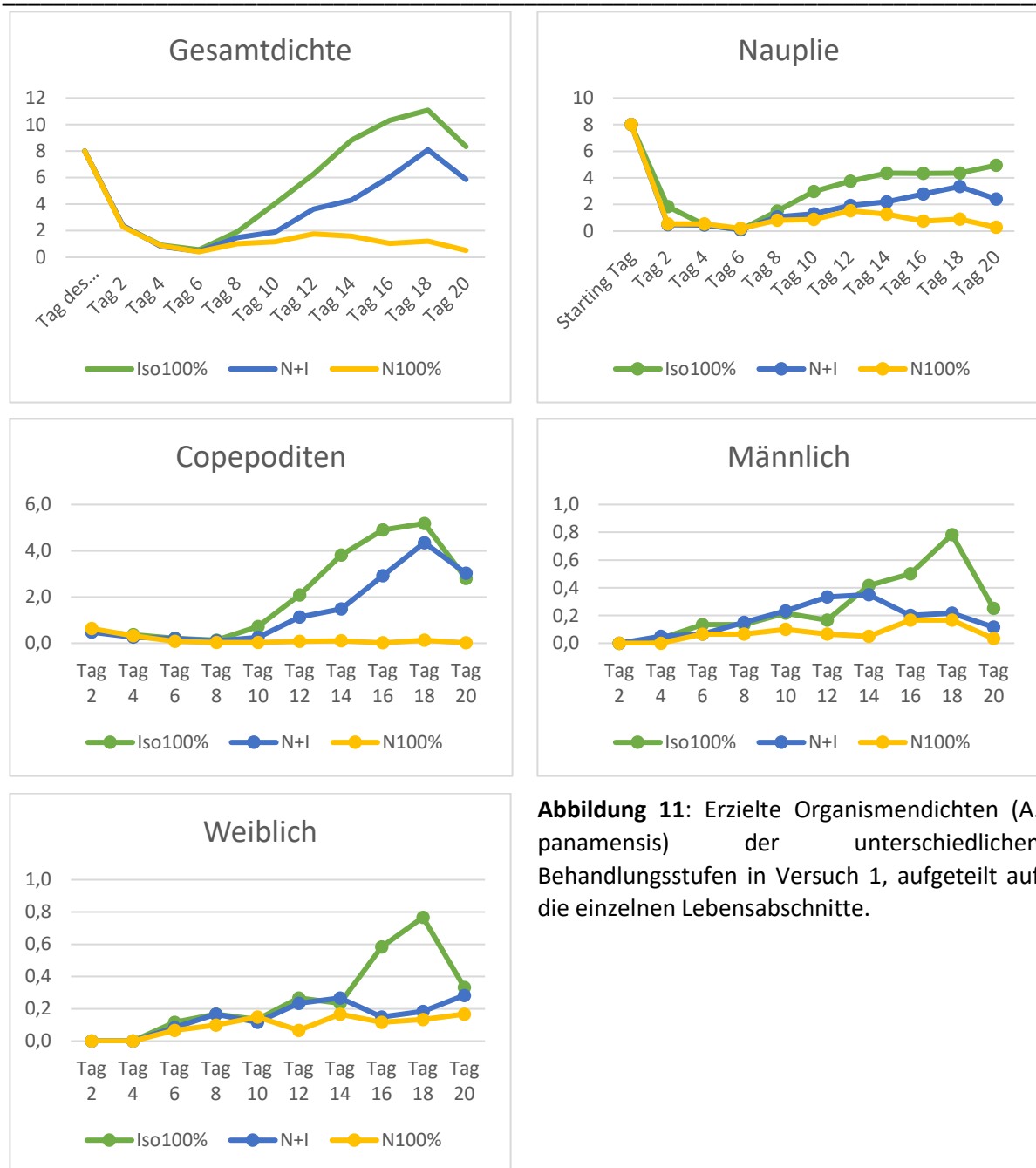


Abbildung 11: Erzielte Organismendichten (*A. panamensis*) der unterschiedlichen Behandlungsstufen in Versuch 1, aufgeteilt auf die einzelnen Lebensabschnitte.

Der prozentuale Anteil jedes Stadiums (Abbildung 12) wurde jeweils an Tag 10 und 20 betrachtet. Am Tag 10, bevor die Fortpflanzung stattfand, war der Anteil der Nauplien in der mit Iso100% gefütterten Population niedriger (15,1%) als in den anderen Behandlungen (N100% - 44,3% und N+I - 30,8%) und gleichzeitig war der Anteil der Copepoditen höher (45,2%) als bei N100% (20,4%) und N+I (6,8%). Am 20. Tag waren die Anteile der einzelnen Stadien in den verschiedenen Futtermitteln ähnlich: Nauplien lagen zwischen 33,8 und 53,0%, Copepoditen zwischen 41,0 bis 58,5%, adulte Männchen zwischen 3,1 bis 3,5 % und adulte Weibchen zwischen 2,8 bis 4,9%. Obwohl es einige offensichtliche Unterschiede gibt, waren diese statistisch nicht signifikant zwischen den drei Mikroalgen-Diäten während des Experiments (Tabelle 4).

Außerdem wurde das erste Weibchen mit Eiern am Tag 6 bei der Behandlung Iso100%, am Tag 8 bei N+I und am Tag 12 bei N100% gefunden. Es wurden jedoch keine signifikanten Unterschiede in Abhängigkeit vom Futter gefunden. Die Anzahl der gefundenen Eier und das Verhältnis Männchen zu Weibchen wiesen ebenfalls keine signifikanten Unterschiede auf (Tabelle 1).

Die mittlere Größe der Nauplien betrug $147,7 \pm 5,4 \mu\text{m}$, die der Copepoditen $367,5 \pm 17,2 \mu\text{m}$, die der adulten Männchen $631,2 \pm 15,7 \mu\text{m}$ und die der adulten Weibchen $661 \pm 39,9 \mu\text{m}$. Signifikante Unterschiede gab es nur bei der Größe der Copepoditen (Tabelle 4).

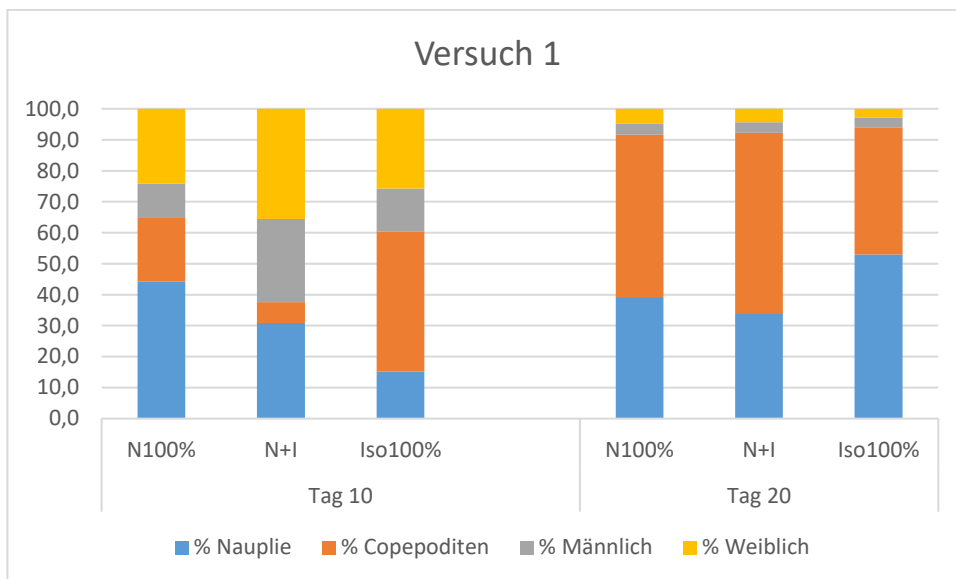


Abbildung 12: Verteilung der einzelnen Lebensabschnitte von *A. panamensis* nach 10 bzw. 20 Versuchstagen.

Tabelle 2: Fettsäureprofil von *A. panamensis* erzielt während des ersten Versuchs, nach 20 Tagen Fütterung mit den 3 verschiedenen Futtersorten. Die Tabelle enthält zwischen 80 und 95 % der gesamten FA.

FA		Iso100%	N+I	N100%
C14:0	Myristic Acid	4,0	1,3	0,5
C16:0	Palmitic acid	15,2	13,2	13,5
C16:1	Palmitoleic acid	8,2	5,2	5,7
C18:1	Oleic Acid	43,6	54,0	42,2
C18:2	Linoleic Acid LA	1,2	5,8	10,3
C18:3	Alpha-linolenic Acid ALA	2,0	5,7	11,0
C18:4(5).		2,3	0,5	0,4
C18:4n-3	Stearidonic acid	5,2	1,1	1,4
C20:4(5,8,11,14)		0,4	0,3	0,4
C20:4n-3	Arachidonic Acid ARA	1,2	0,8	0,6
C20:5	Eicosapentanoic Acid EPA	0,9	0,7	0,7
C22:6	Docosahexanoic Acid DHA	2,7	1,7	1,1

In Versuch 2 wurden die Copepoden bei Ammoniakkonzentrationen von $0,3 \pm 0,2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, Nitratkonzentrationen von $5,9 \pm 2,7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, Nitritkonzentrationen von $1,7 \pm 3,7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ und Phosphatkonzentrationen von $0,5 \pm 0,9 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ aufgezogen. Signifikante Unterschiede wurden bei Nitrat und Nitrit zwischen den Futtermitteln festgestellt, vor allem aufgrund der hohen Werte im

Futter Iso100% am Tag 20 (Tabelle 4). Darüber hinaus waren die Nitritkonzentrationen in diesem Versuch höher als im ersten Versuch.

Im zweiten Versuch, bei dem die Nauplien-Dichte zu Beginn bei 8 Individuen* mL^{-1} lag, wurde ebenfalls eine Abnahme der Dichte während der ersten vier Tage bis auf etwa 1 Nauplie* mL^{-1} festgestellt, die bis zum sechsten Tag beibehalten wurde, als eine Zunahme der adulten Tiere zu beobachten war. Am 8. Tag wurde ein Anstieg der Nauplien-Dichte festgestellt, kurz nachdem die Reproduktion stattgefunden hatte. Ab dem 10. Tag kam es auch bei den Copepoditen zu einem Anstieg, außer bei der Nahrung N100%. In diesem Versuch gab es nur bei der Diät Iso100% am Tag 18 eine Spitze bei den adulten Tieren. Die endgültige Gesamtdichte der Copepoden lag zwischen 1 und 8 Copepoden* mL^{-1} (Abbildung 13). Es wurden signifikante Unterschiede zwischen den drei Mikroalgen-Diäten festgestellt, wobei die Dichten mit der Iso100%-Diät immer höher und mit der N100%-Diät niedriger waren (Tabelle 4).

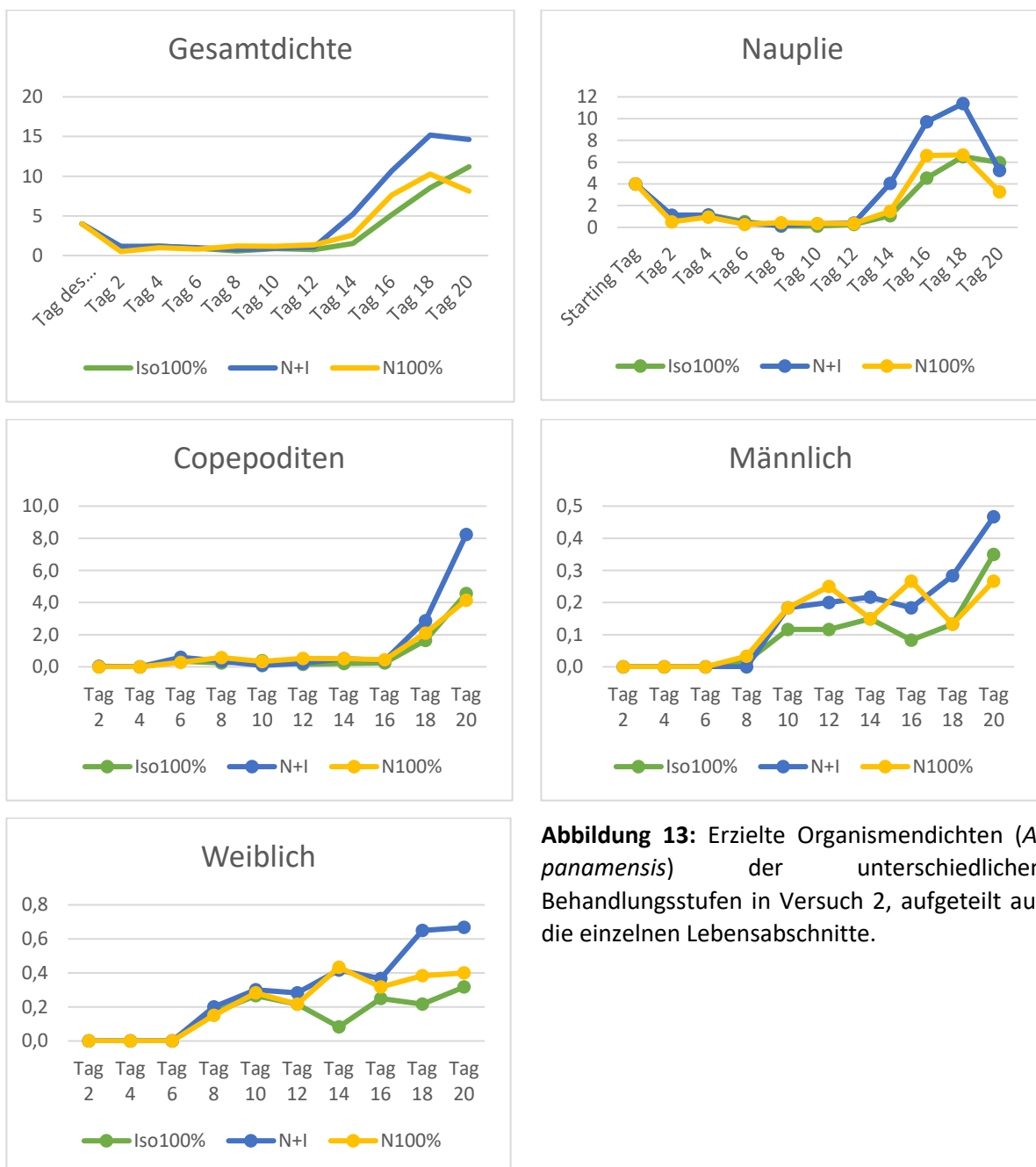


Abbildung 13: Erzielte Organismendichten (*A. panamensis*) der unterschiedlichen Behandlungsstufen in Versuch 2, aufgeteilt auf die einzelnen Lebensabschnitte.

Der prozentuale Anteil jedes Stadiums (Abbildung 14) wurde an Tag 10 und 20 betrachtet. Am 10. Tag, kurz nachdem die Reproduktion um den 6. bis 8. Tag herum stattgefunden hatte, lag der Anteil der Nauplien bei allen Behandlungen bei etwa 70,0%, und gleichzeitig war der Anteil der Copepoditen bei Iso100% höher (17,7%) als bei N100% (2,9%). Am 20. Tag war der Anteil der Nauplien in den Diäten Iso100% (59,1%) und N100% (56,3%) ähnlich und in der Diät N+ I niedriger (41,1%). Der Anteil der Copepoditen war in den Diäten Iso100% (33,7%) und N+ I (51,9%) höher als in N100% (5,6%). Es gab signifikante Unterschiede zwischen den drei Mikroalgen-Diäten in Bezug auf den Anteil an Nauplien und Copepoditen, aber keine in Bezug auf den Anteil an adulten Tieren (Tabelle 4), was hauptsächlich auf den höheren Anteil an Nauplien und den geringeren Anteil an Copepoditen in der Diät N100% zurückzuführen ist.

Außerdem wurde das erste Weibchen mit Eiern am 4. Tag bei der Behandlung Iso100%, am 6. Tag bei N+I und N100% gefunden. Signifikante Unterschiede wurden in Abhängigkeit von der Ernährung festgestellt, da die Anzahl der Weibchen mit Eiern bei der Behandlung Iso100% höher war als bei N100%. Die Anzahl der gefundenen Eier und das Verhältnis Männchen zu Weibchen zeigten ein ähnliches Muster und signifikante Unterschiede (Tabelle 4).

Die durchschnittliche Größe der Nauplien betrug $129,9 \pm 13,8 \mu\text{m}$, die der Copepoditen $370,6 \pm 43,3 \mu\text{m}$, die der Männchen $606,6 \pm 80,8 \mu\text{m}$ und die der Weibchen $688,1 \pm 72,3 \mu\text{m}$. Es gab signifikante Unterschiede in der Größe der Männchen und Weibchen zwischen den Diäten, wobei die adulten Tiere bei der Fütterung mit Iso100% größer waren (Tabelle 4).

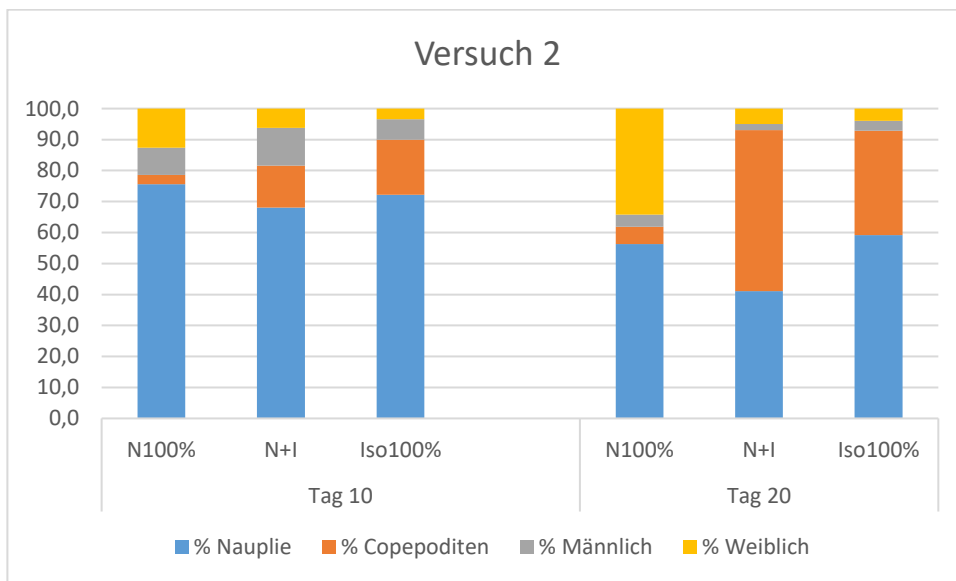


Abbildung 14: Verteilung der einzelnen Lebensabschnitte von *A. panamensis* nach 10 bzw. 20 Versuchstagen.

Tabelle 3: Fettsäureprofil von *A. panamensis* erzielt während des zweiten Versuchs, nach 20 Tagen Fütterung mit den 3 verschiedenen Futtersorten. Die Tabelle enthält zwischen 80 und 95 % der gesamten FA.

FA		Iso100%	N+I	N100%
C14:0	Myristic Acid	5,4	6,3	5,9
C16:0	Palmitic acid	19,5	28,1	35,2
C16:1	Palmitoleic acid	8,9	31,6	34,0
C18:1	Oleic Acid	9,0	7,3	9,6
C18:2	Linoleic Acid LA	2,5	1,5	1,6
C18:3	Alpha-linolenic Acid ALA	5,7	2,2	1,3
C18:4(5).		6,6	1,8	1,0
C18:4n-3	Stearidonic acid	10,4	3,1	1,8
C20:4(5,8,11,14)		1,7	3,6	4,7
C20:4n-3	Arachidonic Acid ARA	3,4	0,7	0,5
C20:5	Eicosapentanoic Acid EPA	6,5	7,2	0,0
C22:6	Docosahexanoic Acid DHA	1,8	0,5	0,1

In Versuch 3 wurden die Copepoden bei Ammoniakkonzentrationen von $0,6 \pm 0,1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, Nitratkonzentrationen von $5,9 \pm 2,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, Nitritkonzentrationen von $0,1 \pm 0,1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ und Phosphatkonzentrationen von $0,3 \pm 0,1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ aufgezogen. Lediglich beim Phosphat wurden signifikante Unterschiede zwischen den Futtermitteln festgestellt, was hauptsächlich auf die hohen Werte im Futter N100% zurückzuführen ist (Tabelle 4).

Im dritten Versuch mit einer anfänglichen Nauplien-Dichte von $34 \text{ Individuen} \cdot \text{mL}^{-1}$ konnten ebenfalls eine Abnahme der Dichte während der ersten Tage festgestellt werden, die sich bis auf etwa $15 \text{ Individuen} \cdot \text{mL}^{-1}$ am 10. Tag einpegelte. Da in diesem Versuch keine 2-Tages-Probenahme stattfand, konnte der Beginn der Reproduktion nicht bestimmt werden. Zwischen dem 10. und 20. Tag sank die Gesamtdichte in allen Diäten auf $5 \text{ Individuen} \cdot \text{mL}^{-1}$, ebenso wie die Nauplien-Dichte. Es konnte festgestellt werden, dass die Dichte der Copepoditen in der N100%-Diät schneller abnahm als in der N+I-Diät und in der Iso100%-Diät anstieg (Abbildung 15). Gleichzeitig blieb die Dichte der adulten Tiere bei N100% gleich, während sie bei Iso100% und N+I zunahm. Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Mikroalgen-Diäten gefunden (Tabelle 4).

Am 10. Tag lag der Anteil der Nauplien bei allen Behandlungen bei etwa 70 %, und auch bei den Copepoditen wurde ein ähnlicher Anteil festgestellt. Am 20. Tag war der Anteil der Nauplien in der Nahrung Iso100% (4,5%) geringer als in N100% (49,2%). Der Anteil der Copepoditen war bei den Futtermitteln Iso100% (58,3%) und N+I (47,6%) höher als bei N100% (22,0%). Der Anteil der adulten Tiere war ähnlich. Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Mikroalgen-Diäten (Tabelle 4).

Außerdem wurden signifikante Unterschiede bei den Weibchen mit Eiern festgestellt, deren Anzahl bei N100% höher war. Die Gesamtzahl der gefundenen Eier und das Verhältnis Männchen zu Weibchen wiesen keine signifikanten Unterschiede auf (Tabelle 4).

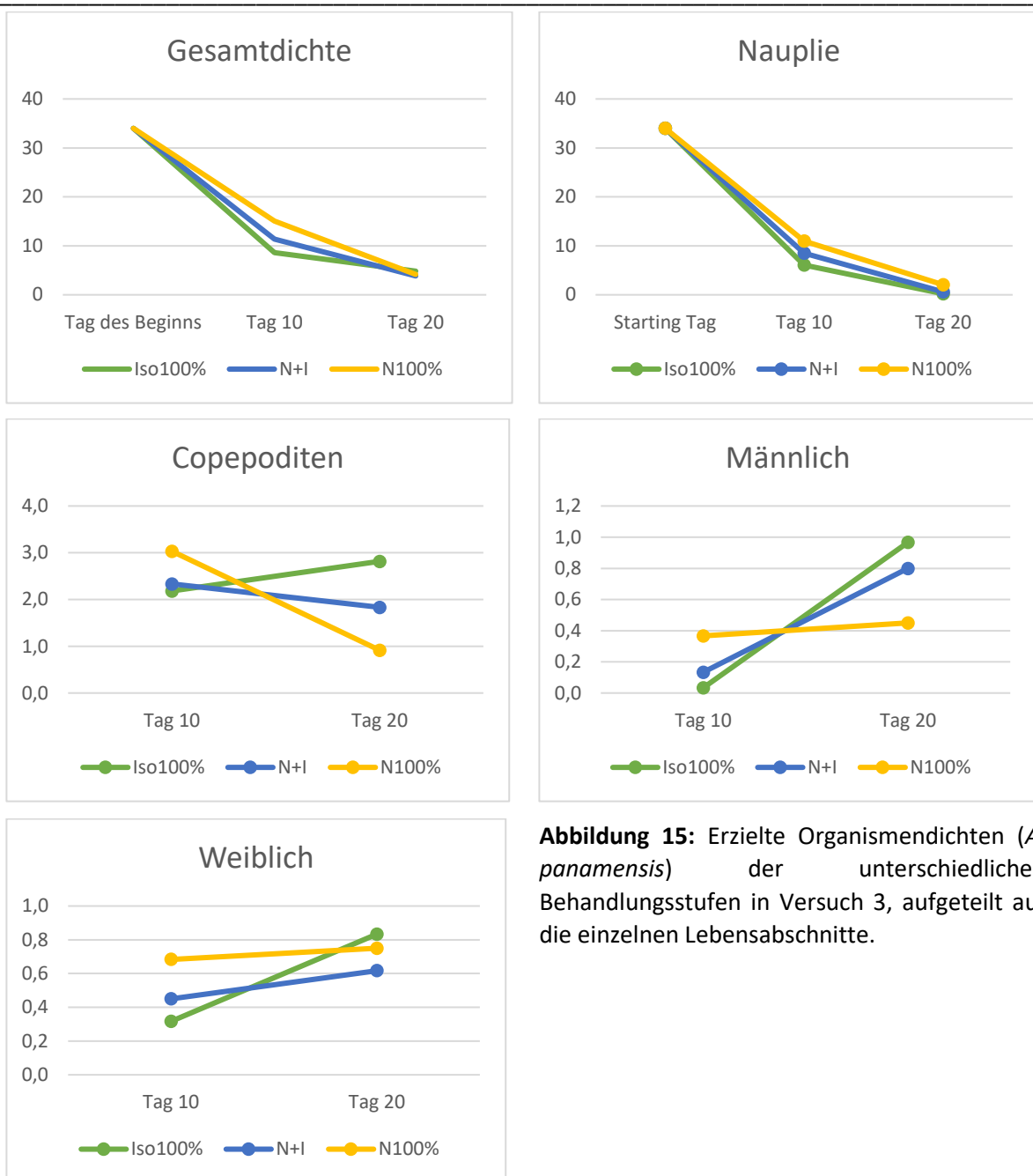


Abbildung 15: Erzielte Organismendichten (*A. panamensis*) der unterschiedlichen Behandlungsstufen in Versuch 3, aufgeteilt auf die einzelnen Lebensabschnitte.

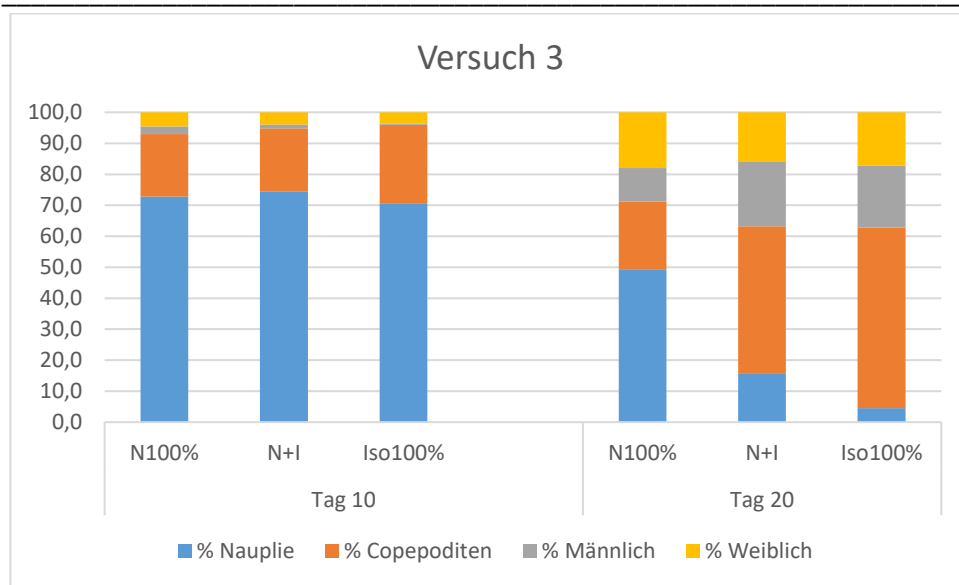


Abbildung 16: Verteilung der einzelnen Lebensabschnitte von *A. panamensis* nach 10 bzw. 20 Versuchstagen.

Tabelle 4: Zusammenfassende statistische Auswertung aller drei Copepodenversuche

Variablen		Versuch 1			Versuch 2			Versuch 3		
		Normality	ANOVA	Kruskal-Wallis	Normality	ANOVA	Kruskal-Wallis	Normality	ANOVA	Kruskal-Wallis
Wasserparameter	Ammoniak	x		,949	x		,127	x		,716
	Nitrat	x		1,000	x		,014	x		,237
	Nitrit	x		,001	x		,001	x		,110
	Phosphat	x		,080	x		,507	x		,011
Dichte (*mL⁻¹)	Gesamtdichte	x		,567	X		,000	Normal	,559	
	Nauplien	x		,643	X		,000	Normal	,434	
	Copepodite	x		,570	X		,000	Normal	,534	
	Männchen	x		,454	X		,001	Normal	,916	
	Weibchen	x		,202	X		,013	x		,063
Verteilung (%)	Nauplien	Normal	,878		X		,000	x		,402
	Copepodite	x		,837	X		,000	Normal	,061	
	Männchen	x		,891	X		,858	x		,884
	Weibchen	x		,579	X		,300	Normal	,937	

Reproduktion	Eier insgesamt	x		,408	X		,003	x		,293
	M:W	x		,672	X		,016	Normal	,781	
	Weibchen mit Eiern	x		,565	X		,007	x		,017
Größe	Nauplien	Normal	,800		X		,213			
	Copepodite	Normal	,047		X		,690			
	Männchen	x		,524	Normal	,003				
	Weibchen	x		,036	Normal	,000				

Fütterungsversuche Zanderlarven

Die hier dargestellte Tabelle 5 zeigt das jeweilige experimentelle Design der individuellen Fütterungsversuche, sprich es zeigt die einzelnen Versuchsabschnitte, die eingesetzten Futterorganismen sowie die unterschiedlichen Behandlungsgruppen. Insgesamt wurden 5 individuelle Fütterungsexperimente durchgeführt und ausgewertet. Die Anzahl der Behandlungsgruppen variierte je nach spezifischer Fragestellung des individuellen experimentellen Ansatzes zwischen 1 und 5.

Tabelle 5: Darstellung des jeweiligen individuellen experimentellen Designs der einzelnen Fütterungsversuche mit Zanderlarven.

Experiment	Versuchsabschnitt		
	0 – 10 dph	11 – 20 dph	21 – 26 dph
1	<i>BRA</i> ₁₀₀ – 200	<i>ART</i> ₈₅ + <i>APO</i> ₁₅ – 200 (dph 18)	<i>Trockenfutter</i>
	<i>BRA</i> ₅₀ + <i>APO</i> ₅₀ – 200	<i>ART</i> ₈₅ - <i>APO</i> ₁₅ – 200 (dph 18)	<i>Trockenfutter</i>
2	<i>BRA</i> ₁₀₀ – 400	<i>ART</i> ₁₀₀ – 400 (dph 18)	---
	<i>BRA</i> ₈₅ + <i>APO</i> ₁₅ – 400	<i>ART</i> ₅₀ + <i>APO</i> ₅₀ – 400 (dph 18)	---
	<i>BRA</i> ₇₀ + <i>APO</i> ₃₀ – 400	<i>APO</i> ₁₀₀ – 400 (dph 18)	---
	<i>BRA</i> ₁₀₀ – 600	<i>ART</i> ₁₀₀ – 600 (dph 18)	---
	<i>BRA</i> ₈₅ + <i>APO</i> ₁₅ – 600	<i>ART</i> ₅₀ + <i>APO</i> ₅₀ – 600 (dph 18)	---
	<i>BRA</i> ₇₀ + <i>APO</i> ₃₀ – 600	<i>APO</i> ₁₀₀ – 600 (dph 18)	---
	3	<i>BRA</i> ₁₀₀ – 340	<i>APO</i> ₁₀₀ – 600 (dph 18)
<i>BRA</i> ₁₀₀ – 340		<i>APO</i> ₁₀₀ – 300 (dph 18)	---
<i>ART</i> ₁₀₀ – 340		<i>APO</i> ₁₀₀ – 600 (dph 18)	---
<i>ART</i> ₁₀₀ – 340		<i>APO</i> ₁₀₀ – 300 (dph 18)	---
4	<i>BRA</i> ₁₀₀ – 340	<i>APO</i> ₁₀₀ – 600 (dph 18)	---
	<i>BRA</i> ₁₀₀ – 340	<i>APO</i> ₁₀₀ – 300 (dph 18)	---
	<i>ART</i> ₁₀₀ – 340	<i>APO</i> ₁₀₀ – 600 (dph 18)	---
	<i>ART</i> ₁₀₀ – 340	<i>APO</i> ₁₀₀ – 300 (dph 18)	---
5	<i>BRA</i> ₁₀₀ – 340	---	---
	<i>APO</i> ₁₀₀ – 340	---	---

Wie in Tabelle 6 zu sehen, waren die Kulturparameter während der individuellen experimentellen Fütterungsversuche in einem Bereich, der für Zanderlarven als gut angegeben ist.

Tabelle 6: Range der ermittelten Wasserparameter während der experimentellen Fütterungsversuche mit den Zanderlarven.

Versuch	1	2	3	4	5
Temperatur [°C]	14.8-17.2	15.5-17.9	16,0-16.9	15.5-17,0	17.1-17.5
Sauerstoffsättigung [%]	92.7-100,0	100.4-105.9	102.1-105.9	103,0-108.1	104.1-106.9
pH	7.65-9.31	7.90-8.56	8.51-8.79	8.27-8.35	8.62-8.85
Ammonium [mg*L ⁻¹]	0,00-0.70	0.68-0.73	0.58-0.61	0.45-2,00	0.15-0.54
Nitrit [mg*L ⁻¹]	0,00-0.02	0,00-0.02	0.02-0.11	0.02-0.93	0,00-0.01
Phosphat [mg*L ⁻¹]	0.1-1.2	0.1-0.3	0.1-1.0	0.0-1.7	0.1-0.6

Die nachfolgende Tabelle 7 gibt die durchschnittlichen Überlebensraten während der experimentellen Fütterungsversuche wider. Es wird offensichtlich, dass bei Versuchsbeginn, nach dem Transfer der in die Versuchsbecken ein erhöhter Stress für die sie sehr sensiblen Zanderlarven auftrat, welcher sich in einer erhöhten Mortalität zu Beginn des jeweiligen Versuchs niederschlägt.

Tabelle 7: Darstellung der durchschnittlichen Überlebensraten während der einzelnen Fütterungsversuche mit Zanderlarven sowie der morphologischen Daten der Zanderlarven.

Versuch	1			2		3		4		5
Abschnitt (dph)	0-10	11-20	21-26	0-10	11-18	0-10	11-18	0-10	11-18	0-7
Überleben [%]	54,2- 57,2	36,6- 44,5	33,6- 42,1	75,3- 94,2	0,0- 6,0	---	7,5- 44,0	---	14,0- 66,0	57,2- 73,2
Länge [mm]	5,09- 5,33	7,6- 7,7	8,03- 8,33	4,3- 4,9	5,7- 6,4	4,9- 6,2	6,7- 7,1	6,5- 6,8	5,1- 5,5	3,87- 3,97
Augendurchmesser [mm]	0,30- 0,31	0,50- 0,51	0,55- 0,58	0,22- 0,34	0,34- 0,72	0,32- 0,38	0,42- 0,46	0,39- 0,4	0,29- 0,50	---
Spezifische Wachstumsrate (SGR)	0,95- 1,55	4,45- 5,24	---	0,90- 2,70	3,49- 4,58	1,79- 4,08	1,23- 4,59	2,93- 3,47	---	---
Länge nach Schlupf [mm]	4,7			4,06		4,1		4,8		3,9
Augendurchmesser nach Schlupf [mm]	0,28			0,24		0,24		0,29		---
Dottersackvolumen [mm ³]	0,26			0,43		2,04		1,47		---

Die Ergebnisse aus den Ermittlungen der morphologischen Daten der Zanderlarven sind ebenfalls in Tabelle 7 zu finden. Die Daten der frisch geschlüpften Zanderlarven lagen im Großen und Ganzen alle in einem vergleichbaren Bereich, welchen wir durch vorherige Versuche aus vorangegangenen Projekten bereits kannten. Dies war jedoch gleichzeitig auch überraschend, da das befruchtete Eimaterial, welches zum Schlupf vor Ort genutzt wurde, oder die bereits geschlüpften Zanderlarven, von unterschiedlichen Brutbeständen stammten und unter nicht identischen Kulturbedingungen kultiviert wurden. Dies lässt jedoch eine gewissen Gesetzmäßigkeit in Bezug auf die Reproduktion sowie die Ei- und Larvalentwicklung des Zanders erkennen, was eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse ermöglicht.

Aus den gewonnenen morphologischen Daten wurden des Weiteren die spezifischen Wachstumsraten (Specific Growth Rate = SGR) der jeweiligen Experimente ermittelt und in Tabelle 7 dargestellt. Es zeigt sich hier wiederum, dass die Wachstumsraten unter den vorherrschenden Bedingungen, trotz der unterschiedlichen Abstammung der Zanderlarven, sehr ähnlich waren, was wiederum auf eine gute Vergleichbarkeit der Versuche und deren Ergebnisse schließen lässt.

Tabelle 8 und 9 geben die Ergebnisse der Fettsäureanalysen der Zanderlarven der Fütterungsversuche 1 und 2 wider.

Anhand der Ergebnisse nach den Fütterungsversuchen lässt sich ablesen, dass 1) eine Futtermenge unterhalb von 340 verringerte Gesamtfettsäuremengen hervorgerufen haben. 2) ein optimaler Bereich bei der Anzahl der Lebendfutterorganismen für den ersten Versuchsabschnitt konnte zwischen ca. 340 und 450 Individuen pro Larve und Tag erkannt werden, welches anhand der Vergleiche der Gesamtfettsäuremengen unter diesen Fütterungsbedingungen ermittelt werden konnte. 3) anhand der Gesamtfettsäuremenge konnte zudem gesehen werden, dass eine weitere Steigerung der Futtermengen keine Verbesserung des Ernährungszustandes, zumindest anhand der Gesamtfettsäuremenge, bewirkte.

Bezüglich der Mindestfutterkonzentration, welche im Kulturwasser nach der Fütterung vorhanden sein sollte, lässt sich ableiten, dass ein Schwellwert von etwa 12 Futtertiere pro Milliliter Kulturwasser nicht unterschritten werden sollte. Ist dieser Wert erreicht, haben die Zanderlarven ausreichend Möglichkeit, die externe Futterraufnahme zu erlernen und erfolgreich zu jagen.

Tabelle 8: Exemplarische Darstellung des ursprünglichen Fettsäuregehalts ausgewählter Fettsäuren als Mittelwert \pm Standardabweichung in [$\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}$] auf Trockengewichtsbasis der Zanderlarven aus den Fütterungsversuchen 1 und 2. Die Tabelle enthält die 95 % der gesamten Fettsäuremengen.

Fettsäuren	Versuch 1		Versuch 2	
C14:0	2,6	$\pm 1,6$	1,6	0,1
C16:0	24,2	$\pm 2,8$	16,8	0,9
C16:1(7)	17,3	$\pm 3,2$	17,4	1,1
C16:1(9)	31,9	$\pm 9,0$	42,4	9,2
C16:3 (7,10,13)	2,3	$\pm 1,7$	1,1	0,2
C18:0	8,3	$\pm 1,7$	5,6	0,2
C18:1(11).	5,6	$\pm 0,9$	5,1	0,2
C18:1(9)b	31,3	$\pm 6,1$	41,1	2,3
C18:2(9,12)	22,7	$\pm 4,9$	35,2	2,6
C18:3(6.9.12)	12,0	$\pm 3,2$	20,1	0,4
C18:3(9,12,15)	3,1	$\pm 1,1$	5,2	0,3
C20:4(5,8,11,14)	2,4	$\pm 0,3$	2,0	0,1
C20:5(5,8,11,14,17)	15,2	$\pm 2,4$	14,8	1,4
C22:5n-3	5,2	$\pm 0,9$	10,4	4,2
C22:6	47,1	$\pm 7,8$	43,6	5,1
Gesamtmenge	243,1		273,9	

Tabelle 9: Exemplarische Darstellung der Fettsäuregehalt als Mittelwert in [$\mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$] auf Trockengewichtsbasis der kultivierten Zanderlarven an Tag 11 nach Schlupf in den Fütterungsversuchen 1 und 2 bei unterschiedlichen Futterangeboten. Die Kennzeichnungen ^a, ^b, ^c, ^d und ^e stellen signifikante Unterschiede dar und *, wenn keine Normalverteilung der Daten vorgefunden wurde. Die Tabelle enthält die 95 % der gesamten Fettsäuremengen.

Fettsäuren	Versuch 1				Versuch 2			
	B50+A 50- 200	B100- 200	B70+ A30- 400	B85+ A15- 400	B100- 400	B70+A3 0-600	B85+A 15- 600	B100- 600
<i>B.plicatilis</i> *Larve ⁻¹ *Tag ⁻¹	100	200	280	340	400	420	510	600
C22:6	28,1	19,5	5,2 ^c	14,0 ^{c,d}	16,7 ^d	17,6 ^d	14,4 ^{c,d}	8,5 ^{c,d}
C16:0	19,2 ^a	16,4 ^b	6,7	18,7	16,9	18,1	18,4	19,1
C18:1(9)	11,1	11,6	7,9 ^c	21,2 ^d	21,0 ^d	21,8 ^d	18,8 ^d	17,0 ^d
C18:0	9,5	8,6	3,1 ^c	6,6 ^d	6,6 ^d	6,8 ^d	6,9 ^d	6,3 ^d
C18:2(9,12)	4,6 ^a	6,3 ^b	4,5	13,5	12,6	14,0	11,6	10,3
C20:5(5,8,11,14,17)	4,6	3,8	1,2	3,9	4,3	4,5	3,6	2,6
C20:4(5,8,11,14)	2,3	1,8	0,5	1,2	1,3	1,5	1,2	0,7
C16:1(7)	2,2 ^{a,*}	3,2 ^{b,*}	2,0	6,9	5,6	6,5	5,7	5,9
C18:1(11).	2,1 ^{a,*}	2,5 ^{b,*}	0,9 ^c	2,4 ^d	2,5 ^d	2,4 ^d	2,5 ^d	1,9 ^{c,d}
C16:1(9)	1,2	3,4	2,9	9,0	7,2	9,9	8,1	6,9
C16:3 (7,10,13)	1,2	0,9	0,6	1,4	0,5	0,6	1,1	0,6
C22:5n-3	1,2	1,4	0,5	1,5	3,0	1,8	1,3	0,9
C18:3(6,9,12)	0,7	1,4	1,1 ^c	3,8 ^{c,d}	3,7 ^{c,d}	4,3 ^d	4,2 ^{c,d}	2,3 ^{c,d}
C18:3(9,12,15)	0,9	1,1	0,5	1,4	1,3	1,2	1,4	1,2
Gesamtmenge	93,8	86,9	40,0 ^c	109,6 ^{c,d,e}	108,6 ^d	115,8 ^{c,d,e}	103,1 ^e	87,4 ^{c,d,e}

Diskussion

Erreichte Ziele

Zu Beginn der Projektlaufzeit konnte in Zusammenarbeit mit der Tierschutzbeauftragten der Universität Rostock, dem Veterinär- und Lebensmittelüberwachungsamt der Stadt Rostock, Sachbereich Tierschutz/Tierseuchen sowie der Amtstierärztin der Stadt Rostock der Tierversuchsantrag gestellt werden, welcher leider mit etwas zeitlichem Verzug genehmigt wurde, jedoch dann ein experimentelles Arbeiten mit Zanderlarven in diesem Kontext bis zum 15.12.2022 ermöglicht.

Eine funktionierende Kommunikation zwischen den Projektpartnern sowie den assoziierten Projektpartnern konnte durch die engagierte und kompetente Projektmitarbeiterin etabliert werden und diese wurde kontinuierlich gepflegt. Während der Projektlaufzeit versorgte die Aquacopa GmbH die Universität Rostock regelmäßig mit Phyto- und Zooplanktonkulturen und Verbrauchsmitteln. Die benötigten Dinge werden i.d.R. persönlich angeliefert um gleichzeitig, vor Ort, über den Projektverlauf,

weitere Schritte sowie ggf. aufkommende Probleme bei der Kultivierung des Planktons zu diskutieren. Während der Corona-Pandemie war die enge Zusammenarbeit leider nur noch bedingt bzw. gar nicht möglich, wodurch einige Arbeitsschritte in diesem Zeitraum mit Verzögerung oder überhaupt nicht durchgeführt werden konnten.

Der Aufbau der Infrastruktur für die Kulturen des Phyto- und Zooplanktons als Futtergrundlage für die Fütterungsversuche der Zanderlarven war ein erstes Projektziel, welches erfolgreich umgesetzt wurde und auf dessen Grundlage die weitere Projektentwicklung vorangetrieben wurde. Hier wurde jedoch deutlich, dass gerade zu einem der vielversprechenden neuen Lebendfutterkandidaten *Apocyclops panamensis* in der Literatur sehr wenig veröffentlicht wurde und weitere eigene Versuche zur Erarbeitung eines Kulturprotokolls notwendig wurden. Diese wurde im Projektverlauf durchgeführt und lieferten die benötigten Daten, um die benötigten Kulturen von *A. panamensis* zu betreiben, um die Fütterungsversuche mit *A. panamensis* als Lebendfutterorganismus für die Zanderlarven durchführen zu können.

Die Versorgung mit Zanderlarven bzw. befruchteten Zandereiern stellte zu Beginn des Projektes, nach Erhalt der Tierversuchsgenehmigung ein gewisses Problem dar, konnte aber im weiteren Verlauf des Projektes etabliert werden. Die Probleme ergaben sich zunächst daraus, dass der assoziierte Partner Landesforschungsanstalt Mecklenburg Vorpommern, mit der Forschungsanlage in Hohen Wangelin die Belegung der Klimakammern in 2019 für das „Out-of-Seasons-Spawning“ für einen eigenen Synchronisationsversuch nutzte und somit in 2019 nur zu einem einzigen Zeitpunkt Larven zur Verfügung standen, an dem jedoch noch keine Tierversuchsgenehmigung vorlag. Durch die regelmäßige Reproduktion der Zander in Hohen Wangelin standen ab Mitte 2020 jedoch dann ausreichend Zanderlarven für die projektbezogenen Versuche zur Verfügung. Dies resultierte dann in insgesamt 5 Versuchen, die im Zuge des Projektes durchgeführt werden konnten und die eine gute Datenlage für die Erarbeitung und Verifizierung des neu entwickelnden Fütterungsprotokolls lieferten. Es konnte gezeigt werden, dass im Gegensatz zu einer *Artemia*-Fütterung oder einer Fütterung mit Trockenfutter als Erstfütterung (Bischoff et al. 2018) der Lebendfutterorganismen *B. plicatilis* aufgrund seines Größenspektrums, Verhaltens und biochemischen Zusammensetzung als Erstfutter für Zanderlarven geeignet ist.

Es konnte auf Grundlage der gewonnenen Daten einerseits eine Menge an Lebendfutterorganismen definiert werden, welche täglich jeder Zanderlarve zur Verfügung gestellt werden muss, damit diese ausreichend mit Nährstoffen und Energie für ein adäquates Wachstum versorgt wird und nicht Hunger leiden mussten. Dieser Bereich an täglich verfütterten Lebendfutterorganismen lag zwischen 340 und 450 Individuen pro Zanderlarve und Tag. Des Weiteren konnte eine Mindestmenge bezüglich der Konzentration der Lebendfutterorganismen pro Milliliter (mL) Kulturvolumen definiert werden und diese sollte nicht unterhalb von 12 Individuen pro mL liegen, um den Tieren, insbesondere zu Beginn der externen Nahrungsaufnahme ausreichend Lernmöglichkeiten zum Erbeuten der Futterorganismen zu bieten. Diese Ergebnisse decken sich größtenteils mit Ergebnissen der Literatur (Imentai et al. 2019a, Imentai et al. 2019b, Imentai et al. 2020).

Die Ergebnisse der Zanderlarvenversuche machen deutlich, dass neben der Optimierung des Größenspektrums und der Futterkonzentration der Lebendnahrung auch verstärkt auf die Hygiene und potentielle Kontaminationen mit Fremdorganismen in der Kulturanlage geachtet werden muss. Die Anzahl der durchgeführten Versuche lag im vorgesehenen Bereich und die Datenlage erlaubt die vorgesehene Erarbeitung des Fütterungsprotokolls. Dieses soll nun im nächsten Schritt Praxisbetrieben vorgestellt werden, um eine Etablierung dort zu ermöglichen.

Insgesamt konnten genügend Daten aufgenommen werden, die eine klare Aussage bezüglich des Fütterungsprotokolls von Zanderlarven mit den ausgewählten Lebendfutterorganismen *Brachionus plicatilis* und *Apocyclops panamensis* für den ersten Lebensabschnitt bis zum Tag 20 nach Schlupf

erlauben. Die Aussagekraft der Ergebnisse der Überlebens- und Wachstumsrate konnten durch zusätzliche Fettsäureanalysen unterstützt werden. Das erarbeitete Fütterungsprotokoll (Abbildung 17) sieht nun einen Beginn der externen Nahrung ab Tag 3 nach Schlupf vor, welche mit zunächst mit *Brachionus plicatilis* realisiert wird. Ab Tag 8 nach Schlupf werden etwa 15% der *B. plicatilis* durch *Apocyclops panamensis* ersetzt und ab Tag 11 bis Tag 18 nach Schlupf wird ausschließlich *A. panamensis* gefüttert. Danach wird für 2 bis 3 Tage der Anteil an Trockenfutter sukzessive gesteigert, bis ab Tag 22 nach Schlupf ausschließlich Trockenfutter verfüttert wird.

	Woche 1						Woche 2						Woche 3						Woche 4					
Tag nach Schlupf	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
	Dottersack																							
							Brachionus plicatilis																	
								Apocyclops panamensis																
																			Trockenfutter					

Abbildung 17: Darstellung des im Projekt erarbeiteten Fütterungsprotokolls.

Aufgetretene Probleme

Aufgrund des späteren Projektstartes, welcher ursprünglich zu einem früheren Zeitpunkt im Jahr 2018 erhofft war, wurden beispielweise die Planungen seitens der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV dahingehend abgeändert, dass für das Jahr 2019 und den ersten Teil des Jahres 2020 die licht- und temperatursteuerbaren Klimakammern am Standort Hohen Wangelin jeweils für eigene synchrone Ablanchereignisse genutzt wurden. Dies hatte zur Folge, dass dem Projekt nicht wie ursprünglich geplant ca. alle 4 Monate Zanderlarven zur Verfügung standen, sondern dass zunächst nur einmal pro Jahr Zanderlarven aus dieser Anlage für ein Experiment zur Verfügung standen. Diesem Problem wurde durch eine ausgedehnte Recherche nach weiteren potentiellen Lieferanten von Zanderlarven bzw. befruchteten Zandereiern begegnet und konnte prinzipiell behoben werden. Da jedoch einer der Lieferanten, die Firma Basis 57 in der Schweiz ansässig ist und die Schweiz kein EU-Mitglied ist, bedurfte es für die Lieferung von befruchteten Zandereiern wiederum eines erhöhten administrativen Aufwandes, welcher geschafft werden konnte, was zeitlich jedoch so im Projektantrag nicht vorgesehen war. Des Weiteren mussten sich die Projektmitarbeiter in die Methodik der Zanderlarvenerbrütung einarbeiten und einen eigenen kleinskaligen Ei-Inkubator entwerfen und bauen. Dies konnte jedoch auch erfolgreich umgesetzt werden, sodass eine Lieferung von befruchteten Zandereiern hätte erfolgen können. Diese anvisierte Lieferung aus der Schweiz war, abhängig von Reifezustand der Elterntiere in der Schweiz, für Anfang bzw. Mitte März 2020 vorgesehen, musste jedoch aufgrund des ersten coronabedingten Lockdowns gecancelt werden.

Als größtes Problem während der Projektlaufzeit stellte sich ganz klar die Corona-Pandemie heraus, welche ein normales Arbeiten, wie es im Projektantrag vorgesehen war, kaum ermöglichte. Hierzu zählt unter anderem die nahezu vollständige Schließung der Gebäude der Universität Rostock und eine sehr begrenzte Zugangserlaubnis der Mitarbeiter, um eine Ausbreitung des Virus zu reduzieren. Dies hatte zudem weitere projektbedingte Auswirkungen, wie beispielsweise der Wechsel zu Kurzarbeit beim Projektpartner Aquacopa GmbH. Ebenso war der Austausch von wissenschaftlichen Personal, beispielweise für die Fettsäureanalytik, welche nicht in den Räumlichkeiten der Universität Rostock möglich und vorgesehen war. Aufgrund der Pandemie gab es für einen längeren Zeitraum keine Erlaubnis für Dienstreisen seitens der Universität Rostock. Des Weiteren wurden auch seitens der assoziierten Partner keine Besuche der Partnerinstitutionen erlaubt. Folglich mussten verschiedene projektrelevante Aufgaben zeitlich immer weiter nach hinten geschoben werden, sodass eine Anpassung der Projektziele in Betracht gezogen werden musste. Dank der kostenneutralen

Verlängerung der Projektlaufzeit um 6 Monate und der zeitweisen Verbesserung der Corona-Situation im Jahr 2021 konnte dennoch der Großteil der vorgesehenen Versuche und Analysen durchgeführt werden.

Zusammenarbeit zwischen den Kooperationspartnern

Unabhängig vom Ausbruch der Corona-Pandemie arbeiteten die Projektpartner Universität Rostock und Aquacopa GmbH gemäß Projektantrag eng zusammen und tauschten sich bezüglich der Projektinhalte, projektbezogener Vorgehensweisen, der Mittelabrufe, aber auch bei der Ergebnispräsentation auf internationalen Konferenzen, wie beispielsweise der Aquaculture Europe (AE19, AE20 und AE21), untereinander aus und kommunizierten im Sinne einer erfolgreichen Projektabwicklung so gut es unter den gegebenen Bedingungen ging.

Die Zusammenarbeit zwischen den Projektpartnern und den assoziierten Projektpartnern gestaltete sich ebenfalls aufgrund der Corona-Situation schwieriger als zunächst erwartet. So gestaltete sich der Transport der frisch geschlüpften Zanderlarven aus der Forschungsanlage in Hohen Wangelin in die Räumlichkeiten der Universität Rostock aufgrund des Zugangsverbots der Infrastrukturen durch Externe als schwierig. Nur durch erhöhten Aufwand konnte diese Problematik gelöst werden. Leider konnte die geplante Zusammenarbeit zwischen der Universität Rostock und dem UFZ in Magdeburg coronabedingt nicht etabliert werden. Dies stellte sich zwischenzeitlich als großes Problem für das Projekt heraus, da die Analyse und Interpretation der Fettsäuren der kultivierten Zanderlarven zur Bewertung der Eignung der Lebendfutterorganismen und der Einordnung der gewählten Fütterungszeitpunkte herangezogen werden sollte. Mit der Universität Greifswald, Abteilung Tierökologie konnte glücklicherweise ein adäquater Ersatz gefunden werden, wodurch die Fettsäureanalysen doch noch durchgeführt werden konnten und die Ergebnisse zur Bewertung der Zanderlarvenperformance genutzt werden konnten.

Abweichungen und Veränderungen im Vergleich zum Projektantrag

Aufgrund der Corona-Pandemie kam es zu erheblichen Verzögerungen im Projektablauf, die durch den Lockdown bedingt waren und zur Folge hatten, dass ein Experiment mit Zanderlarven von einer einzelnen Person während des ersten Lockdowns durchgeführt werden musste, was mit hoher Wahrscheinlichkeit Einfluss auf die Versuchsergebnisse hatte. Des Weiteren wurde im Verlauf des Projektes beschlossen von der ursprünglichen Idee, verschiedene Lebendfutterorganismen für die beiden relevanten Abschnitte (Tag 0 – 10 nach Schlupf und Tag 11 – 20 nach Schlupf) zu testen. Dies wurde aufgrund der zeitlichen Restriktionen im Zuge der Corona-Pandemie notwendig. Glücklicherweise konnte jedoch mit den genannten Lebendfutterorganismen *B. plicatilis* und *A. panamensis* ein Fütterungsprotokoll etabliert werden, welches den Ansprüchen der Zanderlarven in Bezug auf Nährstoffverfügbarkeit, aber auch bezüglich des Größenspektrums gerecht wurde. Folglich wurde eine Fokussierung auf diese beiden Lebendfutterorganismen beschlossen.

Letztendlich konnte trotz der kostenneutralen Projektverlängerung nur eine Auswahl der Proben der durchgeführten Fütterungsversuche bezüglich ihrer Fettsäurezusammensetzung analysiert werden. Dies spiegelt sich in der Anzahl der durchgeführten Fettsäureanalysen durch und folglich anhand der Größe des verfügbaren Datensatzes.

Darüber hinaus wurde begonnen, aufgrund der fachlichen Entwicklungen im Projekt bezüglich der erkannten Problematik der Larvenverfügbarkeit, eine weitere Methodenentwicklung in Angriff zu nehmen, um einen möglichen Lösungsweg für das Problem der begrenzten Verfügbarkeit von

Zanderlarven bzw. Zandersetzlingen für Praxisbetriebe zu entwickeln. Hierfür sollte eine Methode zur Kältekonserverung von befruchteten Zandereiern entwickelt und getestet werden. Ähnliche Verfahren liegen bereits für andere Nutztiere vor, werden jedoch in der Aquakultur bisher sehr wenig angewendet. Ziel einer solchen Methodenentwicklung sollte es sein, die Produktion von Speisefischen in einem kommerziellen Unternehmen zeitlich besser planen zu können, da durch den zeitlichen Versatz beim Besatz der Kulturanlagen der Erntezeitpunkt bewusst gesteuert werden kann, welches sich unter anderem positiv auf die Verkaufssituation am Markt auswirken kann. Die Kosten der Methodenentwicklung sollten mit Mitteln des Lehrstuhls Aquakultur und Sea-Ranching gedeckt werden. Leider ergaben sich bei der Beschaffung der notwendigen Chemikalien und Reagenzien erhebliche Probleme, sodass bis zum Ablauf der Projektlaufzeit nicht alles beschafft werden konnte und somit die Methodenentwicklung nicht erfolgen konnte.

Öffentlichkeitsarbeit

Veröffentlichungen in der Vorbereitung

Die im Projekt gewonnenen Daten der wissenschaftlichen Versuche bezüglich der Kultur und Eignung von *Apocyclops panamensis* sowie der Fütterungsversuche der Zanderlarven werden mittlerweile für die Veröffentlichung in Fachjournalen vorbereitet. Diese befassen sich unter anderem mit der Beschreibung des Copepoden *Apocyclops panamensis* als Lebendfutterorganismus für die Kultur von Zanderlarven unter Aquakulturbedingungen, dem Fütterungsprotokoll von Zanderlarven mit Lebendfutterorganismen und dessen Auswirkungen auf den Kulturerfolg der Zanderlarven, jeweils für die Lebensabschnitte von Tag 0 – 10 sowie Tag 11 – 20 nach Schlupf. Darüber hinaus ist noch eine weitere Veröffentlichung in einer der deutschsprachigen Praxiszeitschriften der Fischerei- und Aquakultur vorgesehen, wie zum Beispiel *Fischerei & Fischmarkt in Mecklenburg-Vorpommern* um das Thema auch dem Fachleuten in den Praxisbetrieben vorzustellen.

Nationale und internationale Netzwerkbildung

Durch die Teilnahme an den Fachkonferenzen Aquaculture Europe 19 im Oktober 2019 in Berlin, Deutschland (Präsenz), Aquaculture Europe 20 im April 2021 in York, Irland (Online) sowie der Aquaculture Europe 21 im Oktober 2021 auf Madeira, Portugal (Präsenz) konnte durch die Projektmitarbeiterin verschiedenste Kontakte zu unterschiedlichen nationalen und internationalen Arbeitsgruppen knüpfen, die sich mit der Thematik der Zanderlarvenkultur beschäftigen. Die folgenden Präsentationen Effect of different diets containing Rotifers and Copepods as first feeding on *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) larvae (Vortrag), Effect of different Microalgae diets on *Apocyclops panamensis* (Marsh, 1913) as a live food for fish larval rearing (Vortrag), *Apocyclops panamensis* as live feed for *Sander lucioperca* larviculture (ePoster) wurden auf den beiden letztgenannten Konferenzen vorgestellt und erhielten Aufmerksamkeit durch internationale Fachkollegen. Insbesondere die Posterpräsentation auf der Aquaculture Europe 21 erzielte besondere Aufmerksamkeit, da diese mit dem Best Student Poster Award ausgezeichnet wurde.

Eine Einbindung in die deutsche Forschungslandschaft zum Thema Zanderkultur konnte relativ einfach erreicht werden und besonders der Austausch im Land Mecklenburg-Vorpommern mit der Landesforschungsanstalt gestaltet sich als sehr hilfreich.

Besonders sind hier weiterhin der Kontakt zu inagro in Belgien zu nennen, welche eine wissenschaftliche Ausgründung der Provinz West-Flandern darstellt und sich über Schulungen und eigene Nachzuchten mit dem Thema Zander befasst. Der Bezug von befruchtete Zandereier im Oktober 2020 über inagro, die für einen der Fütterungsversuche genutzt wurden, stellte sich als besonders hilfreich heraus, da in diesem Zeitraum keine anderen Zandereier bzw. Zanderlarven verfügbar waren.

Die internationale Zusammenarbeit zu Dr. Daniel Zarski vom Institute of Animal Reproduction and Food Research der Polish Academy of Sciences in Olsztyn konnte bisher aufgrund der vorherrschenden Corona-Pandemie nicht intensiviert werden. Inhaltlich sollte sich die Zusammenarbeit mit der Genexpression bei Zanderlarven befassen, um beispielsweise genauere Aussagen über die Fähigkeit zur Bildung von Verdauungsenzymen bei Zanderlarven treffen zu können. Dies wäre für eine weitere Optimierung der Fütterungsprotokolle als hilfreich anzusehen, da über die Verdauungsenzyme geklärt werden könnte, welche Futterzusammensetzungen ab welchem Larvenalter tatsächlich verdaut werden können und somit die Nährstoffe den Larven dann wirklich zur Verfügung stehen.

Durch das coronabedingte nicht zustande kommen der Fettsäureanalysen beim assoziierten Projektpartner UFZ in Magdeburg und den Wechsel an die Universität Greifswald konnte das Netzwerk um einen weiteren kompetenten und engagierten Analysepartner erweitert werden, der in zukünftigen Forschungsvorhaben weiterhin einbezogen werden soll. Dies ist unter anderem dadurch begründet, dass die Universität Greifswald bei Ihren analytischen Methoden Verfahren anwendet, die auch eine repräsentative und reproduzierbare Analyse von Proben, mit einem sehr geringen Einwaagen des Probenmaterials ermöglicht, welches insbesondere bei der Arbeit mit Mikroalgen, Zooplanktonorganismen und Fischlarven von großer Bedeutung ist.

Fazit

Trotz einiger administrativer Herausforderung zu Beginn des Projektes sowie einer in der Neuzeit weltweit in dieser Form erstmals auftretenden Pandemie konnte das engagierte und kompetente Projektteam der Aquacopa GmbH und der Professur Aquakultur und Sea-Ranching an der Universität Rostock, unterstützt durch die assoziierten Projektpartner des Institutes für Fischerei der LFA MV, des UFZ in Magdeburg und der Universität Greifswald sich intensiv um die vorgesehenen Projektthemen Phytoplankton- und Zooplanktonkulturen und deren Verwendung als Lebendfutter für Zanderlarven zur Erarbeitung eines Fütterungsprotokolls befassen.

Insbesondere durch den Ausbruch der Corona-Pandemie kam es zu starken Einschränkungen und dadurch wurde das Projekt und deren Mitarbeiter bei der Erledigung der Projektaufgaben vor große Herausforderungen gestellt, welche größtenteils mit sehr viel Aufwand und einigen Abstrichen an die Erwartungshaltung gemeistert werden konnten.

Durch die kostenneutrale Verlängerung des Projektes konnte das Projektteam die im Projektantrag formulierten Aufgaben nahezu vollständig bewältigen und die angestrebten Ziele erreichen. Die gewonnen Ergebnisse und das erarbeitete Fütterungsprotokoll für Zanderlarven stehen somit dem Projektpartner Aquacopa GmbH für die kommerzielle Nutzung zur Verfügung und die wissenschaftlichen Grundlagen sind aktuell in der Vorbereitung für die Veröffentlichung durch die Universität Rostock.

Insgesamt ist das Projektteam mit den erzielten Ergebnissen und den vorherrschenden Bedingungen zufrieden und zieht ein positives Resümee aus dem Projekt.

Literaturangaben

- Ajiboye O., Yakubu A., Adams T., Olaji E.D., Nwogu N.A. (2010). A review of the use of copepods in marine fish larviculture. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 21: 225 – 246.
- Bischoff A.A., Kubitz, M., Wranik, C.M., Pfefferkorn, H., Augustin, C.B., Hagen, W., Palm, H.W. (2018). Fatty acid utilization of pikeperch (*Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758)) larvae under starvation conditions during early development. *Bulletin of Fish Biology* 17 (1/2), 59 – 73.
- Augustin C. B., Bischoff A. A., Palm H. W. (2015). Das Potenzial von Ruderfußkrebse für die Fischlarvenaufzucht. *Fischerei und Fischmarkt in Mecklenburg-Vorpommern* 1/2015 – 15. Jahrgang: 45 – 52.
- Drillet G., Frouel S., Sichlau M.H., Jepsen P.M., Hojgaard J.K., Joarder A.K. and Hansen B.W. (2011). Status and Recommendations on Marine Copepoda Cultivation for Use as Live Feed. *Aquaculture* 315: 155 –166.
- Dunstan G.A., Volkman J.K., Barrett S.M. (1993). Changes in the lipid composition and maximisation of the polyunsaturated fatty acid content of three microalgae grown in mass culture. *Journal of Applied Phycology* 5: 71 – 83.
- Imentai A., Yanes-Roca C., Steinbach C., Policar T. (2019a). Optimized application of rotifers *Brachionus plicatilis* for rearing pikeperch *Sander lucioperca* L. larvae. *Aquaculture International* 27: 1137 – 1149.
- Imentai A., Yanes-Roca C., Malinovskyi O., Policar T. (2019b). Effect of *Brachionus plicatilis* density on pikeperch (*Sander lucioperca* L.) larva performance at first feeding. *Journal of Applied Ichthyology* 35: 1292 – 1294.
- Imentai A., Rašković B., Steinbach C., Rahimnejad S., Yanes-Roca C., Policar T. (2020). Effects of first feeding regime on growth performance, survival rate and development of digestive system in pikeperch (*Sander lucioperca*) larvae. *Aquaculture* 529: 735636.
- Kleppel G. S., Hazzard S. E., Burkart C. A. (2005). Maximizing the Nutritional Values of Copepods in Aquaculture: Managed versus Balanced Nutrition. In: Lee C.S., O'Bryen P.J., Marcus N.H. (eds) *Copepods in Aquaculture*. Blackwell Publishing.
- Nanton D. A. und Castell J. D. (1998). The effects of dietary fatty acids on the fatty acid composition of the harpacticoid copepod, *Tisbe* sp., for use as a live food for marine fish larvae. *Aquaculture* 163: 251 – 261.
- Phelps R.P., Sumiarsa G.S., Lipman E.E., Lan H.P., Moss K.K., Davis A.D. (2005). Intensive and Extensive Production Techniques to Provide Copepod Nauplii for 151 Feeding Larval Red Snapper *Lutjanus campechanus*. In: Lee C.-S., O'bryen P.J., Marcus N.H. (eds.) *Copepods in Aquaculture*. Blackwell Publishing.
- Rasdi N.W., Qin, J.G. (2016). Improvement of copepod nutritional quality as live food for aquaculture: A review. *Aquaculture Research* 47: 1 – 20.
- Støttrup J.G. (2006). A review on the status and progress in rearing copepods for marine larviculture. Advantages and disadvantages among calanoid, harpacticoid and cyclopoid copepods. In: *Avances en Nutrición Acuicola VIII. Memorias del Octavo Simposium Internacional de Nutrición Acuicola*, Mazatlán, Sinaloa, México, pp. 62 – 83.

Danksagung

Das Projektteam möchte sich auf diesem Wege nochmals bei der DBU - Deutschen Bundesstiftung Umwelt in Osnabrück und ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern für das entgegengebrachte Vertrauen und die Unterstützung während der Projektphase bedanken.

Eine Situation, wie sie sich während der Projektphase entwickelt hat, war für uns alle neu, aber durch Kommunikation und gegenseitigem Verständnis konnten die Schwierigkeiten gemeistert werden. Auch hierzu nochmals ein Danke schön für die schnelle und häufig unbürokratische Lösung.

Weiterhin möchten wir uns auf diesem Wege auch bei unseren assoziierten Partnern bedanken. Gerne hätten wir uns häufiger persönlich für den fachlichen Austausch zusammengefunden, was jedoch nur selten realisierbar war.

Bleibt noch der Wunsch zu äußern, dass ein solches Szenario, mit so vielen Unbekannten und Unwägbarkeiten zukünftig nicht mehr auf uns zukommen mag.

Zum Schluss noch ein persönlicher Wunsch an alle Beteiligten **bleiben Sie gesund**, sodass wir uns unter günstigeren Umständen bei Gelegenheit wieder persönlich treffen können.