

<b>Aktenzeichen</b> 31971		<b>Bewilligungsempfänger</b> Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar und Meeresforschung	
<b>Projekttitle</b> “IDeA – Integration von Detrivoren in existierende Aquakulturproduktionsanlagen“			
<b>Verfasser / Projektleiter</b> Dr. Matt Slater und Dipl.-Ing./MSc. Rajko Thiele			
<b>Projektbeginn</b> 01.04.2017	<b>Projektlaufzeit</b> 24 Monate	<b>Berichtszeitraum</b> 01.04.2017 - 31.03.2019	<b>Ort</b> Bremerhaven

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	3
Tabellenverzeichnis .....	3
Abkürzungsverzeichnis .....	4
1 Zusammenfassung .....	5
2 Anlass und Zielsetzung des Projekts .....	6
3 Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden .....	7
3.1 Vorbereitung sowie Literaturrecherche .....	7
3.2 Praxisüberführung (A) Forellenteiche.....	8
3.3 Praxisüberführung (B) Forellen-Raceway-Systeme .....	8
3.4 Praxisüberführung/Systemvergleich (C) Forellen-Krebs-Systeme ZAF .....	9
3.5 Material und Methoden für die durchgeführten Praxisüberführungen (A/B/C)...	9
4 Ergebnisse.....	13
4.1 Vorversuche Fütterungs- und Verhaltensbeobachtung .....	13
4.2 Referenzproben .....	14
4.3 Praxisüberführung (A) Forellenteiche.....	15
4.4 Praxisüberführung (B) Forellen-Raceway-Systeme .....	18
4.5 Praxisüberführung/Systemvergleich (C) Forellen-Krebs-Systeme ZAF .....	22
4.6 Wirtschaftlichkeitsanalyse .....	23
4.7 Tiergesundheit .....	23
5 Diskussion .....	24
6 Öffentlichkeitsarbeit .....	27
7 Fazit.....	27
8 Literatur .....	29
9 Anhang .....	30
9.1 Wirtschaftlichkeitsanalyse .....	30
9.2 Untersuchungsbericht der Tierärztlichen Hochschule Hannover .....	41

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abb. 1:</b> Edelkrebs ( <i>Astacus astacus</i> ) vor Verstecken mit weiteren Krebsen.....	10
<b>Abb. 2:</b> Probennahme Hämolympflüssigkeit .....	11
<b>Abb. 3:</b> Vergleich der gefressenen Trockensubstanzmengen [g] an Forellenfaeces in Abhängigkeit von der Darreichungsform .....	13
<b>Abb. 4:</b> Mittlere Konzentrationen ( $\pm$ SD) für TP (A), GL (B), TRG (C) und THC (D) im Plasma. Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede. ....	14
<b>Abb. 5:</b> Teichanlage der Firma Forellen-, Aal- & Lachsräucherei Wilfried Heins.....	16
<b>Abb. 6:</b> Krebskäfig mit Verstecken (links) und Krebskäfig mit Verstecken und besetzten Krebse (rechts).....	16
<b>Abb. 7:</b> Mittlere Konzentrationen ( $\pm$ SD) für Protein (A), Glucose (B), Triglycerid (C) und THC im Hämolympfplasma im Frühjahr und Herbst 2018 bei unterschiedlichen Besatzdichten. ....	17
<b>Abb. 8:</b> Krebsbecken bei der Firma Heidefisch GmbH (links) und Kompartiment für 8 Krebse (5 Stk/m <sup>2</sup> )(rechts) .....	19
<b>Abb. 9:</b> Kompartiment für 16 Krebse (10 Stk/m <sup>2</sup> ) (links) und Kompartiment für 32 Krebse (20 Stk/m <sup>2</sup> ) (rechts) .....	19
<b>Abb. 10:</b> Überlebensraten (A) am Ende des Versuchs und mittleres Stückgewicht (B) im Bezug zu den Besatzdichten.....	20
<b>Abb. 11:</b> Mittlere Konzentrationen ( $\pm$ SD) für TP (A), GL (B), TRG (C) und THC (D) im Plasma. Die rote Linie verdeutlicht das Mittel der Referenzproben (H. Groß). Verschiedene Buchstaben und Zahlen kennzeichnen signifikante Unterschiede. ....	21
<b>Abb. 12:</b> Forellen-Krebs-System ZAF (links) und Krebskorb mit Bambus- und PVC-Verstecken (rechts) .....	22

## Tabellenverzeichnis

<b>Tab. 1:</b> Befund der Sektion von je 5 Krebsen aus den Versuchen A und B (hgr.- hochgradig; mgr.-mittelgradig; ggr.- geringgradig) .....	24
--	----

## Abkürzungsverzeichnis

Abb.	- Abbildung
ggr.	- geringgradig
GL	- Glucose
hgr.	- hochgradig
IDeA	- Integration von Detrivoren in existierenden Aquakulturanlagen
IMTA	- Integrierte Multitrophe Aquakultur
mgr.	- mittelgradig
NH <sub>4</sub> -N	- Ammonium auf Stickstoff normiert
NO <sub>2</sub> -N	- Nitrit auf Stickstoff normiert
NO <sub>3</sub> -N	- Nitrat auf Stickstoff normiert
PVC	- Polyvinylchlorid
RAS	- Recirculating Aquaculture System(s)
SD	- Standardabweichung
Stk	- Stück
THC	- Total Hemocyte Count
TP	- Total Protein
TRG	- Triglyceride
ZAF	- Zentrum für Aquakulturforschung

## 1 Zusammenfassung

Im IDEA Projekt sollte ein IMTA-Ansatz (Integrierte Multitrophe Aquakultur) entwickelt, erprobt und erfolgreich im Aquakulturbetrieb eingesetzt werden, um die traditionelle Süßwasser-Aquakultur in Teich- und Kanalsystemen in Deutschland nachhaltig ökologisch und ökonomisch umweltgerecht zu gestalten. Hierzu sollte eine detritivore Art, der Edelkrebs (*Astacus astacus*), in bereits bestehende Forellenaquakulturen (*Oncorhynchus mykiss*) integriert werden.

Für die Praxiserprobung wurden zwei niedersächsische Forellenproduzenten gewonnen, welche sich durch die Produktionssysteme und die Produktionsintensität unterschieden. Hierbei handelte es sich zum einen um eine extensive Teichwirtschaft, bei der Krebs-Käfige direkt in den Forellenteichen integriert wurden, und eine intensives Forellen-Raceway-System, bei dem Tanks im Auslauf der Anlage positioniert wurden. Bei beiden Integrationsansätzen wurden physiologische Parameter der Edelkrebse aufgenommen und am Ende erfolgte eine Bewertung der Ansätze nach ökologischen, ökonomischen und praktischen Gesichtspunkten.

Die Praxiserprobung zeigte, dass das Tanksystem mit Zufütterung, der Käfigvariante ohne Zufütterung vorzuziehen ist. Vor allem die geringen Überlebensraten der Käfigvariante, aber auch die Praktikabilität (Forellenproduktionsabläufe, Zugänglichkeit) sind hier die ausschlaggebenden Faktoren. Die Wirtschaftlichkeitsanalyse erwies klar, dass keins der durchgerechneten Szenarien eine ökonomisch profitable Investition wäre. Dies ist insbesondere durch die hohen Investitionskosten für die Becken bzw. Käfige begründet. Ist es aber möglich diese Kosten zu sparen, z.B. durch die Nutzung vorhandener Tanks, Becken oder Schönungs- und Angelteiche, zeigen die Ergebnisse dieses Projekts, dass die Zucht von Edelkrebsen durchaus eine Möglichkeit zur nachhaltigen Weiterentwicklung der traditionellen deutschen Forellenaquakultur ist.

## 2 Anlass und Zielsetzung des Projekts

Weltweit gewinnt die Produktion in Aquakulturen stetig an Bedeutung und wird weiterhin unverzichtbar für die stabile Versorgung mit nachhaltigen produzierten Lebensmitteln sein (FAO 2018). Dabei sind Rohstoffverknappungen (Rana 2009) sowie die Belastung natürlicher Lebensräume Aquakulturprobleme, welchen durch neue Konzepte begegnet werden muss, um eine umweltgerechte(re) Lebensmittelproduktion zu erreichen. Eine Möglichkeit ist die Integrierte Multitrophe Aquakultur (IMTA) (Chopin et al. 2001), bei den Organismen verschiedener Trophieebenen gemeinsam gehalten werden, um Platz-, Futter-, Energie und Wasserressourcen besser zu nutzen, Nährstoffbelastungen zu senken und zudem weitere, ernährungsrelevante Produkte zu erzeugen.

Im IDEA Projekt sollte ein IMTA-Ansatz (Integrierte Multitrophe Aquakultur) entwickelt, erprobt und erfolgreich im Aquakulturbetrieb eingesetzt werden, um die traditionelle Süßwasser-Aquakultur in Teich- und Kanalsystemen in Deutschland nachhaltig ökologisch und ökonomisch umweltgerecht zu gestalten. Hierzu sollte eine detritivore Art, der Edelkrebs (*Astacus astacus*), in bereits bestehende Forellenaquakulturen (*Oncorhynchus mykiss*) integriert werden.

Um die ökologische Bilanz der Integration des neu entwickelten IMTA-Konzeptes bewerten zu können, wurde die Senkung fester und gelöster Nährstoffen im System bewertet. Die ökonomische Nachhaltigkeit des Systems wurde mittels einer Wirtschaftlichkeitsanalyse bestimmt. Um den direkten Einsatz des neuen IMTA-Konzeptes zu gewährleisten und die Weiterführung und Verwertung der Projektergebnisse zu ermöglichen, sollten noch während der Projektlaufzeit im Praxisbetrieb Produktionszyklen angepasst und modifizierte Arbeitsroutinen erstellt werden. Die umgesetzten IMTA-Konzepte sollten so direkt nach Projektende Beispielcharakter für eine umsetzbare, ressourcenschonende und qualitativ hochwertige Produktion aus nachhaltigen Aquakulturen in Deutschland haben.

## 3 Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

### 3.1 Vorbereitung sowie Literaturrecherche

Es wurde eine ausführliche Literaturrecherche vom wissenschaftlichen Mitarbeiter Herrn Thiele durchgeführt, auch um sich über mögliche Versuchsdesigns zu informieren. Ein Versuchssystem mit drei Tanks a 4 m<sup>3</sup> und drei zusätzlichen Hälterungsbecken für Backup Tiere (Krebse) a 0,6 m<sup>3</sup> wurde im Zentrum für Aquakultur aufgebaut und in Betrieb genommen. Dieses System wurde für die Erprobung verschiedener Ablagekastensysteme genutzt und wurde weiter für Vergesellschaftungsversuche unter RAS Bedingungen eingesetzt.

Bei den Recherchen zur deutschen Forellenaquakultur zeigte sich, dass die Produktionssysteme und Produktionsintensität sehr unterschiedlich sein können (Shaw & Gabbott 1992; Brämick 2017) und so ein einheitlicher Integrationsansatz kaum sinnvoll erschien. Vor allem bei intensiven Zuchtsystemen sind am Ende der Mast die Besatzdichten so hoch, dass eine direkte Integration in Ablagesystemen in den Becken nicht möglich ist (pers. Kommentar S. Winkelmann-Heidefisch GmbH). Daher wurden zwei verschiedene integrative Ansätze für die kommerzielle Forellenaquakultur gewählt und bei zwei Forellenzüchtern aus Niedersachsen erprobt. Dabei handelte es sich um eine eher traditionelle extensive Teichaquakultur, bei der Krebskäfige direkt in den Teichen integriert wurden (siehe 3.2) und eine intensive Raceway-Aquakultur, bei der Tanks im Auslauf der Anlage angeschlossen wurden (siehe 3.3).

Gemeinsam mit dem Technikerteam des Zentrums für Aquakulturforschung (ZAF) wurde ein Käfigdesign für den Einsatz in Forellenteichen sowie Raceway-Systemen entwickelt. Beim Design der Käfige wurde auf eine einfache Konstruktion und die praktische Handhabbarkeit geachtet. Hierzu wurde ein Edelstahlkäfig mit einer Grundfläche von einem mal einem Meter und einer Höhe von 20 cm mit Netzmaterial (25 mm Maschenweite) bespannt. Der Käfig wurde mit zwei verschiedenen Versteck-Systemen, PVC und Bambus, bestückt und in Tanks im Kreislaufsystem im ZAF mit Edelkrebsen besetzt. Überlebensraten wurden aufgenommen und die Praktikabilität wurde geprüft. Das Käfigdesign wurde als akzeptabel definiert. Anschließend wurden insgesamt 24 Käfige zur Konstruktion in Auftrag gegeben.

### 3.2 Praxisüberführung (A) Forellenteiche

Die Firma Forellen-, Aal- & Lachsräucherei Wilfried Heins (Ostendorfer Straße 41, 27432 Bremervörde – Ostendorf) ist ein extensiver Forellenzüchter, welcher im Nebenerwerb ca. 6 t Forellen im Jahr produziert. Die Besatzdichten am Ende des Mastzyklus betragen ungefähr 30 kg/m<sup>3</sup>. Die Teichanlage besteht aus vier Teichen mit Abmessungen von 25 x 12 x 2 m (LxBxH) und haben ein Volumen von je ca. 450 m<sup>3</sup>. Das Produktionssystem ist ein über Brunnenwasser versorgtes Teilkreislaufsystem. Bei diesem System ist lediglich eine Sedimentation integriert, über welche ein Teilstrom wieder zurück in die Teiche gepumpt wird.

In Zusammenarbeit mit Wilfried Heins wurden die konstruierten Käfigen am 22.09.2017 in die Forellenzuchtanlage integriert und beprobt. Hierbei wurden 24 Käfigen in drei Teichen installiert, jeweils acht Käfige pro Teich und mit zwei Besatzdichten a 10 und 20 Tiere pro Käfig. Ab März 2018 wurden in regelmäßigen Abständen Überlebensrate, Körperindexes, Tiergesundheit und Wasserparameter gemessen.

### 3.3 Praxisüberführung (B) Forellen-Raceway-Systeme

Die Firma Heidefisch GmbH (Meinholz 1, 29649 Wietzendorf) ist ein intensiver Forellenzüchter im Haupterwerb mit einer Jahresproduktion von ca. 600 t Lebendfisch und ca. 60 t Forellenkaviar. Am Ende der Mast beträgt die Besatzdichte ca. 100 kg/m<sup>3</sup>. Mit einem Produktionsvolumen von ca. 10.000 m<sup>3</sup> und einem Gesamtvolumen von ca. 18 – 20.000 m<sup>3</sup>. Die Anlage ist ein modernes Teilkreislaufsystem mit Feststoff-, Biofilter und Denitrifikation.

In Zusammenarbeit mit der Firma Heidefisch wurden 3 Becken mit den Maßen 4000 x 1200 x 1000 mm (LxBxH) am 07.12.2017 am Auslauf der Forellenproduktion angeschlossen. Für die statistische Auswertung wurden die drei Becken jeweils in drei Kompartimente unterteilt. Jedes Becken wurde mit Krebsen bei drei verschiedene Besatzdichten bestückt; 5 Stk/m<sup>2</sup> = 8 Stk; 10 Stk/m<sup>2</sup> = 16 Stk; 20 Stk/m<sup>2</sup> = 32 Stk. Die Tiere wurden mit Feststoffen aus dem Forellensystem sowie mit im System verstorbenen Forellen gefüttert. Ab März 2018 wurden in regelmäßigen Abständen Überlebensrate, Körperindexes, Tiergesundheit und Wasserparameter gemessen.

### 3.4 Praxisüberführung/Systemvergleich (C) Forellen-Krebs-Systeme ZAF

Um die Effektivität von PVC- und Bambusverstecke zu vergleichen, wurde ein Systemvergleich in drei Becken mit den Maßen 2000 x 2000 mm (4 m<sup>2</sup>) und 1000 mm Wassersäule am 13.11.2017 im ZAF gestartet. Die Tanks wurden mit jeweils 40 kg Forellen bestückt. Dies entspricht einer Besatzdichte von 10 kg/m<sup>3</sup>. In jedem Tank befanden sich jeweils 2 Käfige am Tankboden, welche durch eine Trennwand in zwei Kompartimente unterteilt waren. Diese wurden mit Edelkrebsen bei zwei Versuchsichten, mit 10 und 20 Stück je m<sup>2</sup>, bestückt. Dies entspricht vier oder acht Tieren pro Kompartiment. Die verschiedenen Treatments waren mit Bambus oder PVC Verstecken versehen. Über eine Versuchsdauer von 6 Monaten wurden in regelmäßigen Abständen Überlebensrate, Körperindex, Tiergesundheit und Wasserparameter gemessen.

### 3.5 Material und Methoden für die durchgeführten Praxisüberführungen (A/B/C)

#### **Versuchstiere**

Die Edelkrebse (*Astacus astacus*) wurden von Dr. Harald Groß (Edelkrebs- und Fischzucht, Bad Münstereifel-Schönau; Nordrhein-Westfalen) bezogen. Die verwendeten Tiere hatten ein mittleres Gewicht von  $75,54 \pm 11,81$  g. Für die Versuche wurden ausschließlich männliche Tiere mit einem Alter von zwei bis drei Jahren genommen, weil dies eine Größe ist, ab der der Edelkrebs vermarktet wird. Bei der Vermarktung als Speisekrebse spielen Weibchen nur eine untergeordnete Rolle, weil diese nicht so schnell wachsen wie Männchen und außerdem von den Züchtern für die Nachzucht benötigt werden. Mit zunehmendem Alter werden die Tiere territorialer und neigen zum Kannibalismus, damit einhergehend nimmt die maximale Besatzdichte je Quadratmeter ab. Damit stellt die gewählte Altersgruppe die höchsten Anforderungen an die Haltung und ist somit der Bottleneck/Engpass für eine ökonomisch nachhaltige Speisekrebiszucht. Diese wurden über Nacht auf feuchter Holzwolle geliefert und anschließend im Zentrum für Aquakulturforschung (ZAF) bis zu den Versuchsstarts gehalten.



**Abb. 1:** Edelkrebs (*Astacus astacus*) vor Verstecken mit weiteren Krebsen

Da die Tiere durch den Transport gestresst waren und eine repräsentative Probennahme von Hämolymphe für chemische und biologische Analyse nicht sinnvoll wäre, wurden Referenzproben zur gleichen Jahreszeit bei verschiedenen Krebszüchtern direkt vor Ort genommen. Zu diesen gehörten neben dem eigentlichen Lieferanten der Versuchstiere, Dr. Harald Groß ( $73,09 \pm 15,74$  g) auch noch zwei weitere Krebszüchter. Zum einen war dies Helmuth Jeske (Krebszucht Oeversee, Oeversee; Schleswig-Holstein) ( $76,41 \pm 8,04$  g), welcher eine Krebs- und Fischzucht betreibt und zum anderen Dr. Matthias Emmerich vom Anglerverband Niedersachsen ( $59,09 \pm 11,54$  g). Diese haben sich bei der Poggenhagener Forellenwirtschaft & Edelkrebszucht eingemietet und betreiben dort Artenschutzarbeit mit Edelkrebsen und Quappe.

### **Probennahme Hämolymphe**

Neben dem Gewicht der Krebse und den äußerlichen Besonderheiten (wie fehlenden Scheren usw.), die für alle Tiere bestimmt wurden, wurden jeweils fünf Tiere zufällig ausgesucht, denen Hämolymphe für chemische und biologische Analysen entnommen wurde.

Die Hämolympheproben wurden dorsal aus dem pericardialen sinus zwischen Carapax und erstem abdominalem Segment entnommen. Hierzu wurde eine 1 ml Spritze bestückt mit einer Kanüle ( $\varnothing 0,40 \times 20$  mm) benutzt. Es wurden jeweils zwei Proben genommen, eine für die Ermittlung der Hämozytenzahl (THC) und eine Zweite für die Bestimmung physiologischer Parameter.

Für die Hämozytenzählung wurden ca. 100 µl Hämolymphe entnommen und anschließend sofort mit 100 µl einer 4%igen Formadleydlösung fixiert (Taylor et al. 2009). Danach wurden hiervon 200 µl abgenommen und mit einer Salzlösung auf 500 µl aufgefüllt. Der verbliebene Rest der fixierten Hämolymphe wurde dann mit einer Messspritze bestimmt, um das genaue Mischungsverhältnis zu ermitteln. Die so gewonnenen Proben wurden entweder am gleichen Tag oder einen Tag später ausgewertet. Die Bestimmung der Hämozytenzahl erfolgte mittels Durchflusszytometers. Zur Verifizierung der Zellzählungen wurden diese nochmals manuell, mit Hilfe einer „Neubauer improved“ Zählkammer, durchgeführt.



**Abb. 2:** Probennahme Hämolympheflüssigkeit

Für die Bestimmung der physiologischen Parameter wurden mit einer zweiten Spritze ca. 200 – 300 µl Hämolymphe abgenommen und anschließend sofort bei 4 °C und 10.300 g für eine Minute zentrifugiert (Lorenzon et al. 2008; Malev et al 2010). Der Überstand wurde dann abgenommen, in ein Cryovial überführt und sofort in einem „Dry Shipper“ tiefgefroren. Im Plasma wurden dann die Konzentrationen an Glukose (GL), Proteinen (TP) und Triglyceriden (TRG) bestimmt. Proteine wurden mittels Buiuret-Assay und die Triglyceride mittels eines enzymatischen Test Kits bestimmt, beide von der Firma Hospitex Diagnostics srl. (Florence, Italy). Für Glucose wurde ein enzymatischer Test-Kit der Firma Sigma-Aldrich genutzt. Alle Proben wurden nach der Reaktionszeit mit einem Photometer gemessen und Standards wurden regelmäßig mitgemessen.

## **Tiergesundheit**

Am Ende des Projekts wurden jeweils 5 Tiere aus den Versuchssystemen A und B zur Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover ins Institut für Parasitologie, Abteilung Fischkrankheiten und Fischhaltung gebracht. Dabei wurden eine Sektion und eine mikrobiologische Untersuchung durchgeführt.

## **Wasserparameter**

Sauerstoffgehalt, Temperatur und pH-Wert wurden regelmäßig gemessen. In den Forellenteichen (A) erfolgte dies mit einem Multiparameter-Handmessgerät der Firma Hanna Instruments. Im Forellen-Raceway-System (B) wurden die Wasserparameter durch integrierte Sonden automatisch aufgezeichnet und geloggt. Des Weiteren wurden in regelmäßigen Abständen die Konzentrationen an Ammonium, Nitrit und Nitrat bestimmt. Bei den Forellenteichen wurden dazu wöchentlich Proben gesammelt und anschließend mittels eines Autoanalyzers bestimmt. Im Forellen-Raceway-System (B) erfolgte die Messung vor Ort durch Sonden und photometrische Test.

## **Statistik**

Wachstumsleistung und Hämolymp-Parameter wurden auf Normalität (Shapiro-Wilk-Test) und Homoskedastizität (Levene-Test) analysiert. Die Behandlungsmittelwerte pro Tank oder Teich, die einer Normalverteilung folgten und Homoskedastizität zeigten, wurden weiter mit Kontrollwerten mit einem One Way ANOVA Test an unabhängigen Proben verglichen. Wo Normalitäts- oder Homoskedastizitätsannahmen nicht erfüllt waren, wurde ein nicht parametrischer Kruskal-Wallis-Test auf Rängen angewendet. Alle statistischen Auswertungen wurden mit SigmaPlot Software Version 11.0 durchgeführt.

## **Wirtschaftlichkeitsanalyse**

Die Wirtschaftlichkeitsanalyse wurde als Fremdleistung an das Technologie-Transfer-Zentrum Bremerhaven vergeben. Hierbei wurden verschiedene Szenarien betrachtet und durchgerechnet. Dies waren zum einen die direkte (Käfige) und indirekte (Tanks) Integration und zum anderen die Produktion von Speise- oder Satzkrebsen. Die gesamte Analyse ist im Anhang zu finden.

## 4 Ergebnisse

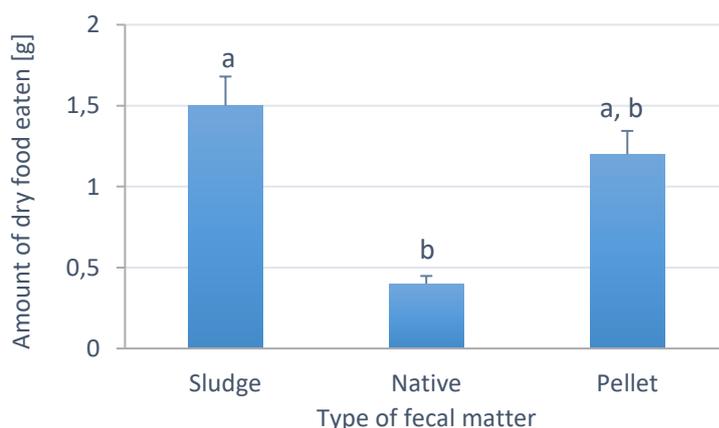
### 4.1 Vorversuche Fütterungs- und Verhaltensbeobachtung

Im Rahmen eines „Student Research Projekts“ führte Gretchen Wagner von der Universität Bremen eine Fütterungs- und Verhaltensbeobachtungsstudie mit Edelkrebse im ZAF durch. Da die Edelkrebse im IMTA-Ansatz nicht zugefüttert werden und sich hauptsächlich von den im System anfallenden Reststoffen ernähren sollen, wurde in diesem Vorversuch die Akzeptanz und das Verhalten von Edelkrebse gegenüber verschiedenen Formen von Forellenfaeces beobachtet.

Hierzu wurden den Edelkrebse drei verschiedene Formen von Faeces angeboten und das Verhalten über Nacht aufgezeichnet. Die Faeces unterschied sich dabei vor allem in der Darreichungsform, also der Konsistenz, und dem Trockengehalt. Folgende Faecesformen wurden verwendet:

- 1) **Native** Faeces – direkt aus Forellenbecken gesammelt
- 2) **Sludge** Faeces – Faeces Schlamm vom Trommelfilter
- 3) Fecal **Pellets** – mittels Agar eingedickter Trommelfilterschlamm

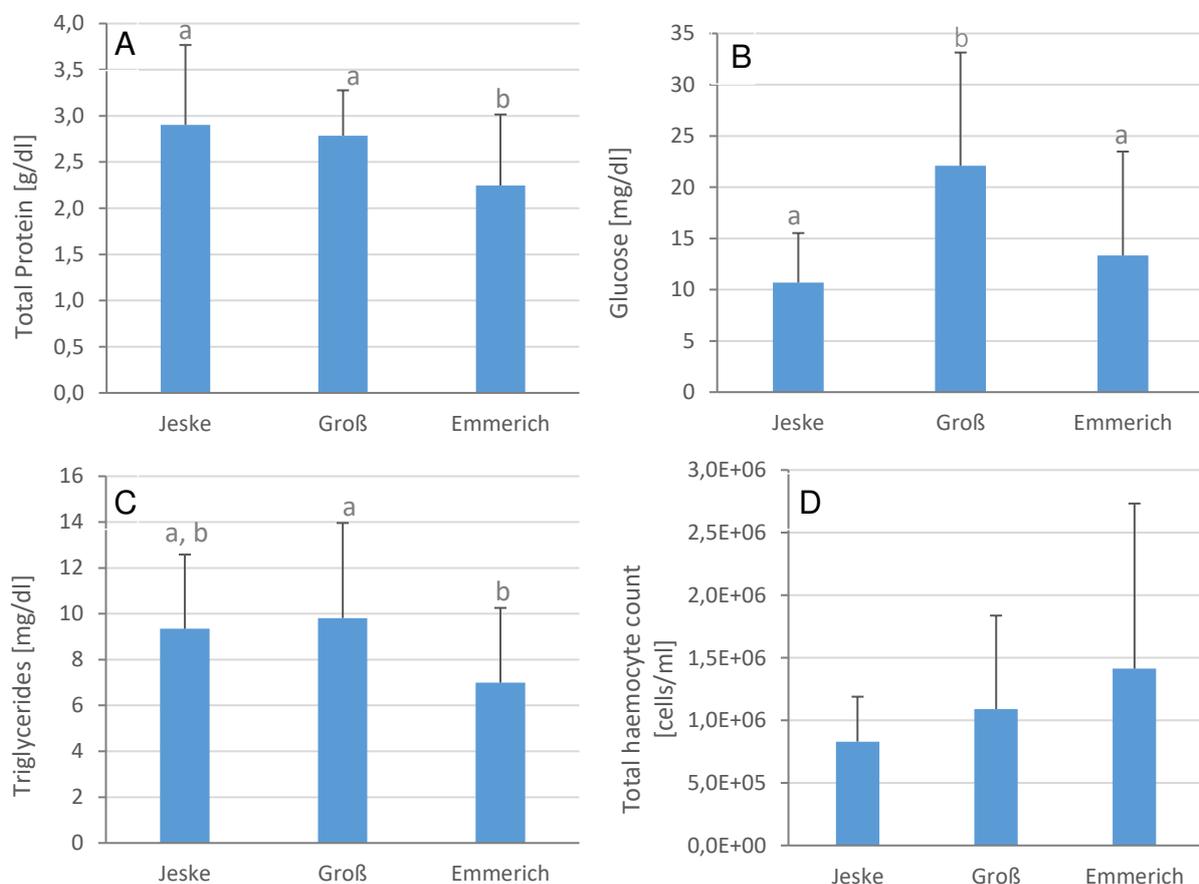
Beim Verhalten der Edelkrebse wurden zwei Parameter ausgewertet. Dies war zum einen die Zeitdauer welche die Krebse mit fressen verbrachten und zum anderen die Anzahl der Fressereignisse. Des Weiteren wurde für die Auswertung der Ergebnisse die Menge des gefressenen Futters bestimmt sowie deren Trockensubstanzgehalte.



**Abb. 3:** Vergleich der gefressenen Trockensubstanzmengen [g] an Forellenfaeces in Abhängigkeit von der Darreichungsform

Die Ergebnisse zeigen, dass alle drei dargebotenen Faecesformen von den Krebsen angenommen werden. Der einzige statistisch signifikante Unterschied für die gefressene Trockensubstanzmenge wurde zwischen Sludge und native Faeces gefunden. Allgemein war die Futteraufnahme geringer als in der einschlägigen Fachliteratur angegeben. Im vorliegenden Versuch lagen die aufgenommenen Futtermengen bei 0,5 bis 2,5 % der Biomasse. In Fachliteratur wird für *A. astacus* und generell für Krebse eine Fütterungsrate von 4 % der Biomasse empfohlen.

#### 4.2 Referenzproben



**Abb. 4:** Mittlere Konzentrationen (±SD) für TP (A), GL (B), TRG (C) und THC (D) im Plasma. Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede.

Die Analyse des Hämolympplasmas (Abb. 4) zeigte teils signifikante Unterschiede für einige untersuchte Parameter, allerdings kein einheitliches Muster über die Standorte. Die Proteinkonzentrationen lagen im Mittel über alle drei Referenzprobennahmen bei  $2,64 \pm 0,77$  g/dl, wobei lediglich die Krebse aus Poggenhagen (Emmerich) signifikant

geringere Konzentrationen aufwiesen. Die Glukosekonzentration lag im Mittel über alle Proben bei  $15,36 \pm 10,21$  mg/dl. Hier wiesen die Proben aus der Eifel (Groß) signifikant höhere Konzentrationen auf als der Rest. Bei den Triglyceriden lag der Mittelwert über alle Proben bei  $8,72 \pm 3,73$  mg/dl. Lediglich die Proben aus der Eifel zeigten signifikant höhere Konzentrationen als die aus Poggenhagen, aber der Vergleich der Proben aus Schleswig-Holstein (Jeske) mit den anderen beiden Standorten zeigt keine signifikanten Unterschiede. Die Anzahl an Hämocyten im Blut der Krebse unterschied sich nicht signifikant zwischen den verschiedenen Referenzproben. Im Mittel lag die Hemocytenzahl bei  $1,02E+06 \pm 9,8E+05$  Zellen/ml, wobei die Standardabweichung sehr hoch war.

Ein Vergleich der Referenzproben ist allerdings nur bedingt möglich, da viele Faktoren einen Einfluss auf die erhobenen Daten haben können. Diese können z.B. Phänotyp, Häutungsstadium (Sladkova & Kholodkevich 2011), Umweltbedingungen, geografische Lage, Nahrungsangebot, Besatzdichten usw. sein. Da die Tiere, welche in den Versuchen verwendet wurden, alle von H. Groß stammen, wurden auch diese Referenzwerte später als Vergleichswerte herangezogen.

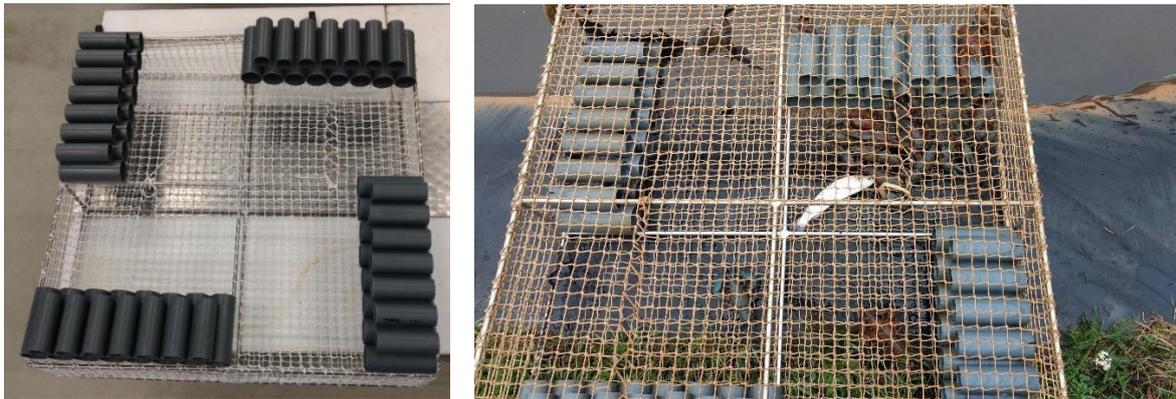
#### 4.3 Praxisüberführung (A) Forellenteiche

##### **Wasserparameter**

Die Wasserparameter bei der Firma Forellen-, Aal- & Lachsräucherei Wilfried Heins bewegten sich das ganze Jahr über in normalen Bereichen. Der pH-Wert schwankte im Versuchszeitraums zwischen 6,9 und 8,0 und lag im Mittel bei 7,6. Die Temperaturen in den vier Teichen zeigten einen typischen Jahresverlauf. Die mittlere Temperatur im Versuchszeitraum lag bei ca.  $13,5^{\circ}\text{C}$ , wobei die Temperatur in den Wintermonaten Tiefstwerte von  $2^{\circ}\text{C}$  erreichten. Dagegen wurden Ende Juli 2018 Maximaltemperaturen von über  $21^{\circ}\text{C}$  gemessen.



**Abb. 5:** Teichanlage der Firma Forellen-, Aal- & Lachsräucherei Wilfried Heins



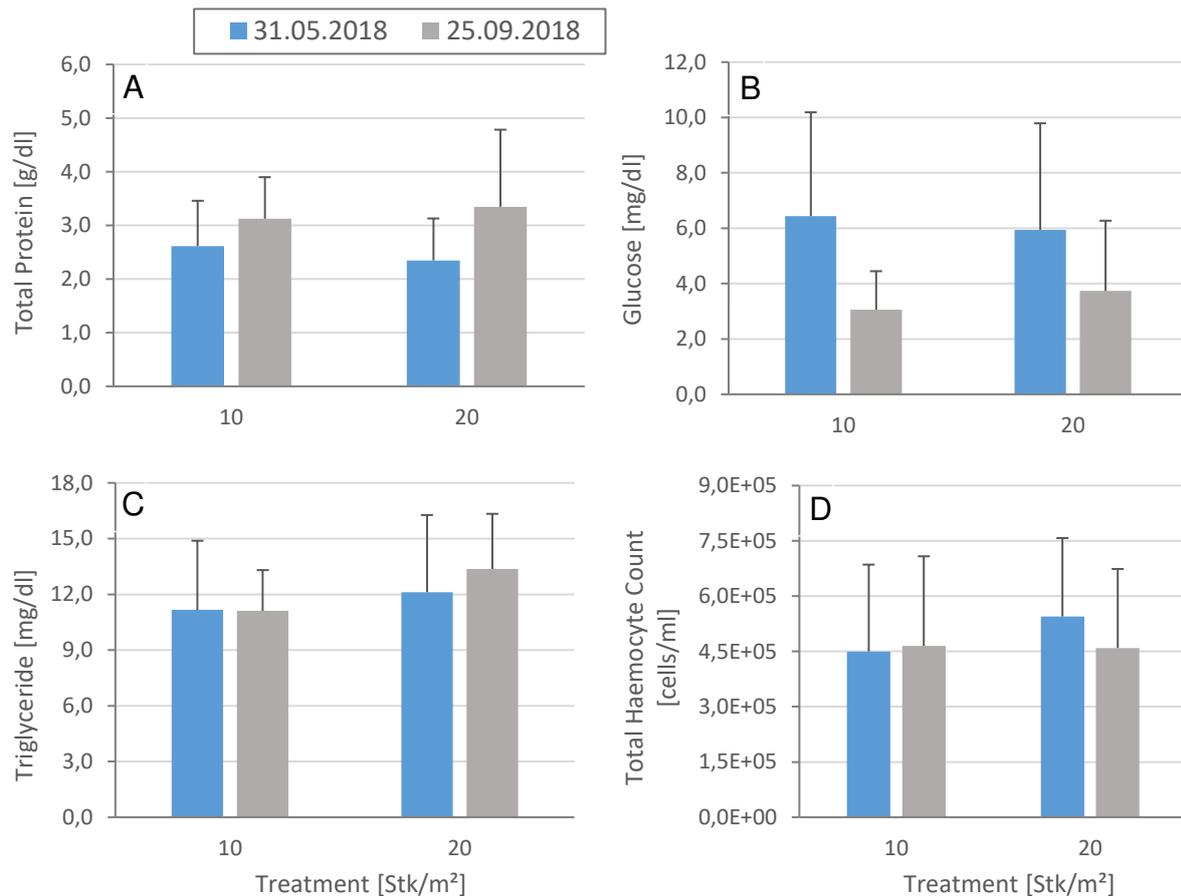
**Abb. 6:** Krebskäfig mit Verstecken (links) und Krebskäfig mit Verstecken und besetzten Krebse (rechts)

Die Nährstoffkonzentrationen für die vier Teiche unterschieden sich nur geringfügig im Versuchszeitraum. Die gemessenen Konzentrationen für Nitrit und Nitrat waren während der ganzen Zeit sehr gering. Nur die Ammonium-konzentrationen waren teils erhöht und lagen im Mittel zwischen 1,02 und 2,13 mg/l  $\text{NH}_4\text{-N}$ . An einigen Messtagen wurden aber auch Konzentrationen über 4 mg/l gemessen. Die mittleren Konzentrationen für Nitrit lagen im Bereich zwischen 0,10 und 0,13 mg/l  $\text{NO}_2\text{-N}$  und der Maximalwert bei 0,67 mg/l. Für Nitrat bewegten sich die mittleren Messwerte für die verschiedenen Teiche zwischen 1,14 und 2,15 mg/l  $\text{NO}_3\text{-N}$ . Der Maximalwert lag bei 4,14 mg/l.

### **Wachstum und Überlebensraten**

Aufgrund der sehr geringen Überlebensraten am Ende des Versuchs in den Forellenteichen ist eine Auswertung der Daten nur bedingt möglich. Zur ersten Probennahme lagen die durchschnittlichen Überlebensraten je Replikat zwischen 40 und 70 % für die Körbe mit 10 Krebsen je  $\text{m}^2$  und zwischen 24 und 58 % für die Körbe mit 20 Krebsen je  $\text{m}^2$ . Am Ende des Versuchs betrug die Überlebensraten lediglich

noch 5, 9 bzw. 19 % für die drei Replikate. Aufgrund der niedrigen Anzahl an Tieren, konnten auch die Wachstumsdaten nicht ausgewertet werden. Der Zuwachs der verbliebenen Tiere war nur minimal. Dies ist wahrscheinlich an den unzureichenden Haltungsmethoden, aber auch an teils fehlenden Scheren, welche beim Edelkrebs schon einen erheblichen Teil des Gewichts ausmachen, festzulegen. So fehlten bei 18 % aller überlebenden Tiere mindestens eine Schere.



**Abb. 7:** Mittlere Konzentrationen (±SD) für Protein (A), Glucose (B), Triglycerid (C) und THC im Hämolymp plasma im Frühjahr und Herbst 2018 bei unterschiedlichen Besatzdichten.

### Physiologische Parameter

Die gemessenen Parameter des Hämolymp plasma sind in Abbildung 7 dargestellt. Für die erste Probennahme Ende Mai konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Treatments festgestellt werden. Die Konzentration für TP lag bei  $2,35 \pm 0,78$  g/dl, GL bei  $5,94 \pm 3,85$  mg/dl, TRG bei  $11,11 \pm 4,15$  mg/dl und der THC-Wert lag bei  $4,98E+05 \pm 2,28E+05$ . Eine statistische Auswertung der Endprobennahme konnte aufgrund der geringen Probenanzahl nicht durchgeführt werden. Die in Abb. 7

dargestellten Konzentrationen für die Probennahme im Herbst, stellen somit nur Orientierungswerte dar und lassen keine wirkliche Aussage zu.

Beim Vergleich der Startmesswerte mit den Referenzproben fällt vor allem der große Unterschied bei den Glukosekonzentrationen auf. Dieser lag bei der Referenz bei  $22,08 \pm 11,06$  mg/dl, also fast viermal so hoch und deutet auf eine mangelnde Ernährungssituation hin.

### **Besonderheiten der Produktionsabläufe**

Eine Besonderheit der klassischen Teichwirtschaft ist die Bewirtschaftungsweise. Da eine kontinuierliche Produktion über das gesamte Jahr aufrechterhalten werden soll, werden die Teiche in regelmäßigen Abständen besetzt, abgefischt und anschließend abgelassen, gereinigt und desinfiziert. Im diesem Fall war das ein Zyklus von ca. vier Monaten. Dies führt dazu, dass die Krebskörbe in regelmäßigen Abständen umgesetzt werden mussten. Dementsprechend wurden alle Korbreihen zweimal umgesetzt. Dies führt natürlich zu erhöhtem Stress und vor allem in den Wachstumsmonaten im Sommer auch zu der Gefahr, dass Tiere, welche sich gerade in der Häutung befinden, durch das Rein- und Rausheben der Körbe verletzt werden können.

#### **4.4 Praxisüberführung (B) Forellen-Raceway-Systeme**

### **Wasserparameter**

Die Wasserparameter bei der Firma Heidefisch bewegten sich das ganze Jahr über in normalen Bereichen. Der pH-Wert schwankte im Jahresverlauf nur wenig und lag im Mittel des Versuchszeitraums bei 7,55 wobei der Maximalwert bei 8,07 und der Minimalwert bei 6,80 lag. Bei der Temperatur gab es einen typischen Jahresverlauf. Die mittlere Temperatur im Versuchszeitraum lag bei ca.  $11,0^{\circ}\text{C}$ , wobei die Temperatur in den Wintermonaten nachts teilweise unter  $4^{\circ}\text{C}$  sank. Dagegen wurde im August 2018 eine Maximaltemperatur von  $19,25^{\circ}\text{C}$  gemessen.

Die Nährstoffkonzentrationen im Auslauf lagen während des gesamten Versuchszeitraums in normalen Bereichen. Hierbei lagen in der Regel die Konzentrationen von Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) unter 1 mg/l, von Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) unter 0,3 mg/l und von Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) unter 4 mg/l.



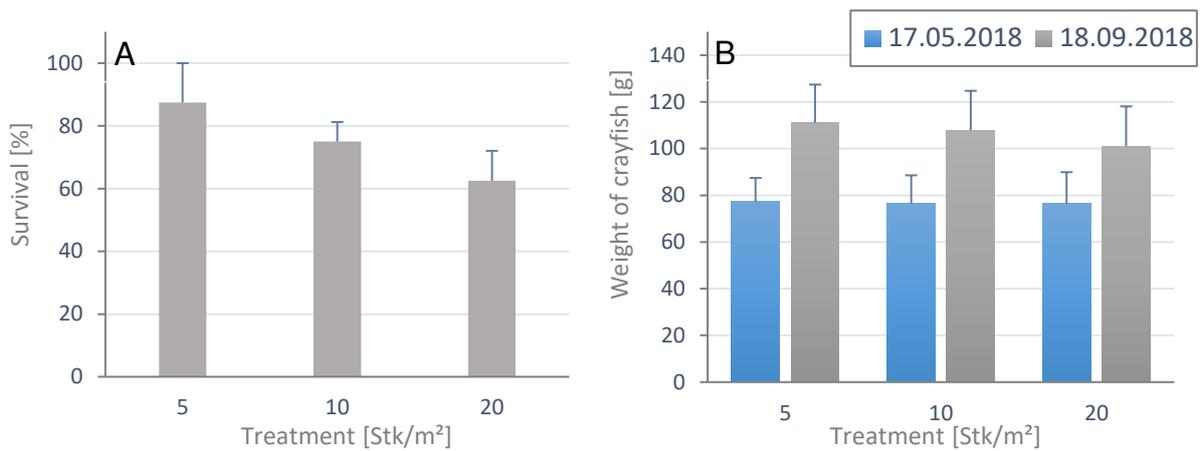
**Abb. 8:** Krebsbecken bei der Firma Heidefisch GmbH (links) und Kompartiment für 8 Krebse (5 Stk/m<sup>2</sup>)(rechts)



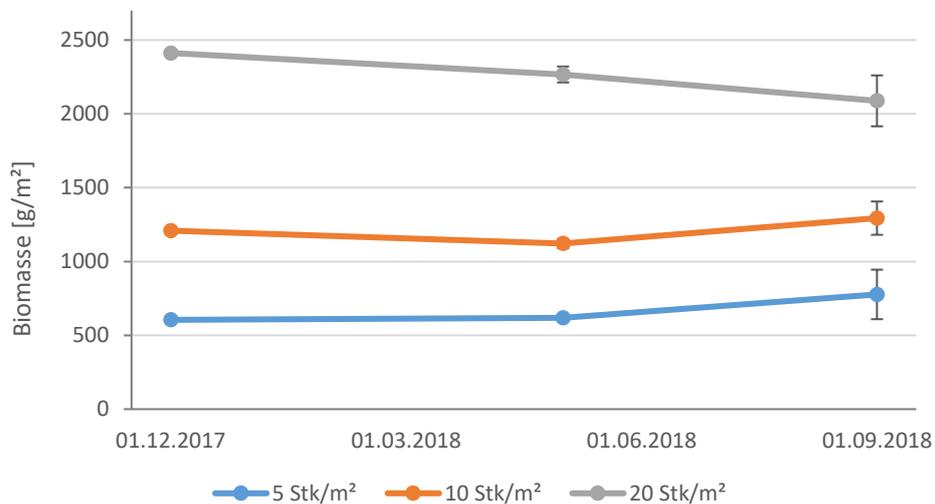
**Abb. 9:** Kompartiment für 16 Krebse (10 Stk/m<sup>2</sup>) (links) und Kompartiment für 32 Krebse (20 Stk/m<sup>2</sup>) (rechts)

## Wachstum und Überlebensraten

Die Überlebensraten sowie die mittleren Stückgewichte der Krebse (Abb. 10) für die verschiedenen Treatments zeigten keine signifikanten Unterschiede. Es ist aber eine Tendenz zu beobachten, so sinkt sowohl die Überlebensrate, als auch das mittlere Stückgewicht mit steigende Besatzdichte. Die mittleren Überlebensraten bewegten sich zwischen  $62,6 \pm 9,6 \%$  bei 20 Krebsen je m<sup>2</sup> und  $87,5 \pm 12,5 \%$  bei 5 Krebsen je m<sup>2</sup>. Die mittleren Stückgewichte lagen bei den unterschiedlichen Treatments sehr dicht beieinander. Bei 20 Krebsen je m<sup>2</sup> lag das mittlere Gewicht bei  $101,05 \pm 17,04$  g und bei 5 Krebsen je m<sup>2</sup> bei  $111,01 \pm 16,41$  g.



**Abb. 10:** Überlebensraten (A) am Ende des Versuchs und mittleres Stückgewicht (B) im Bezug zu den Besatzdichten.

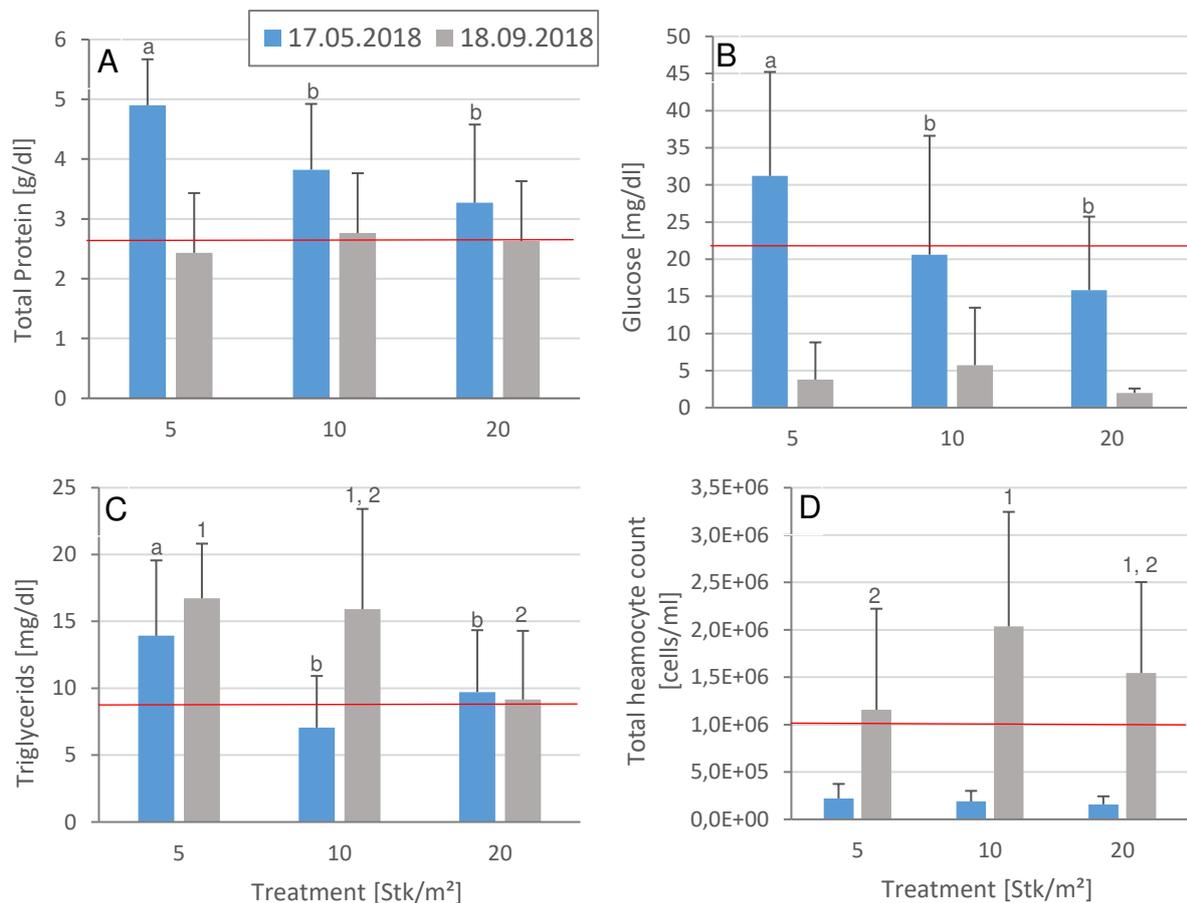


**Abb. 11:** Biomasseentwicklung ( $\pm$ SD) bei verschiedenen Besatzdichten über den Versuchszeitraum

In Abbildung 11 ist die Biomasseentwicklung über den Versuchszeitraum dargestellt. Dieser verdeutlicht, dass ein Wachstum der Krebse ausschließlich von Frühjahr bis Herbst stattfindet. Weiterhin kann beobachtet werden, dass nur die Besatzdichten von 5 und 10 Stk/m<sup>2</sup> am Ende des Versuchs einen realen Biomassezuwachs verzeichnen. Zwischenzeitlich sinkt bei 10 Stk/m<sup>2</sup> die Biomasse sogar leicht, was durch Verluste in dieser Zeit begründet ist. Bei 20 Stk/m<sup>2</sup> ist ein Rückgang der Biomasse über den gesamten Zeitraum um ca. 15 % zu beobachten, wobei das Stückgewicht über die Zeit um ca. 32 % zugenommen hat.

## Physiologische Parameter

Bei der Betrachtung der physiologischen Parameter (Abb. 12) zeigten sich teils signifikante Unterschiede. Bei den Startwerten vom Mai 2018 wies die Besatzdichte mit 5 Krebsen je m<sup>2</sup> für die Parameter TP, GL und TRG jeweils einen signifikanten Unterschied zu den anderen beiden Treatments auf. Nur die Hämocytenzahl zeigte keine Signifikanzen. Die TP-Konzentrationen lagen zwischen  $3,27 \pm 1,41$  g/dl für 20 Stk/m<sup>2</sup> und  $4,90 \pm 1,10$  g/dl für 5 Stk/m<sup>2</sup>. Bei GL lagen die Werte bei der höchsten Besatzdichte bei  $15,84 \pm 9,89$  mg/dl und  $31,21 \pm 14,01$  mg/dl bei der niedrigsten Besatzdichte. Die TRG lagen in einem Bereich von  $7,06 \pm 3,86$  mg/dl (10 Stk/m<sup>2</sup>) bis  $13,93 \pm 5,64$  mg/dl für die niedrigste Besatzdichte. Die Hämocytenzahl lag für alle Treatments auf einem ähnlichen Niveau ( $1,89\text{E}+05 \pm 1,17\text{E}+05$  Zellen/ml).



**Abb. 10:** Mittlere Konzentrationen ( $\pm$ SD) für TP (A), GL (B), TRG (C) und THC (D) im Plasma. Die rote Linie verdeutlicht das Mittel der Referenzproben (H. Groß). Verschiedene Buchstaben und Zahlen kennzeichnen signifikante Unterschiede.

Bei der Endprobennahme im Herbst ist das Bild nicht mehr so deutlich, hier zeigte sich bei den Proteinen und der Glucose keine signifikanten Unterschiede zwischen den Treatments. Nur bei den Triglyceriden und der Hämocytenzahl, waren Unterschiede zu erkennen. Bei den Triglyceriden unterschieden sich nur Treatment 5 von 20 Stk/m<sup>2</sup> und bei der Hämocytenzahl nur 5 von 10 Stk/m<sup>2</sup>.

Die Unterschiede zwischen den Probennahmen im Frühjahr und Herbst waren teils sehr deutlich. Die Protein- und Glukosekonzentrationen lagen im Herbst alle unter denen im Frühjahr. Am deutlichsten war dies bei Glukose. Ein gegenteiliges Bild zeigten die Triglyceride und die Hämocytenzahl. Der THC-Wert war im Herbst deutlich höher als im Frühjahr und bewegten sich zwischen  $1,16E+06 \pm 1,07E+06$  und  $2,04E+06 \pm 1,21E+06$ , dies entspricht im etwa Faktor 10. Die TRG-Konzentrationen waren lediglich im 10 Stk/m<sup>2</sup> Treatment im Herbst höher als im Frühjahr. Die Referenzproben (rote Linie in Abb.12), welche ebenfalls im Herbst 2018 genommen wurden, zeigten für TP und THC ähnliche Dimensionen. Unterschiede waren bei GL und TRG zu sehen. Insbesondere die GL-Konzentrationen waren bei den Referenzproben deutlich höher als im Versuch. Bei den TRG lagen die Werte der Treatments 5 und 10 Stk/m<sup>2</sup> höher als die Referenz.

#### 4.5 Praxisüberführung/Systemvergleich (C) Forellen-Krebs-Systeme ZAF



**Abb. 11:** Forellen-Krebs-System ZAF (links) und Krebskorb mit Bambus- und PVC-Verstecken (rechts)

Der Vergesellschaftungsversuch im ZAF konnte nicht bis zu Ende durchgeführt werden. Hohe Verluste bei den Krebsen sowie der Ausbruch einer Pilzinfektion bei den Forellen führten zur Entscheidung, den Versuch abubrechen. Ursächlich für die Probleme waren vor allem die schlechten Strömungsbedingungen aufgrund der über

dem Bodenablauf platzierten Krebskörbe. Diese führten dazu, dass es zu einer vermehrten Ablagerung von Faeces und Futterresten auch unter den Käfigen und am Bodenablauf des Tanks kam. Dies konnte auch durch die täglichen Routinearbeiten und wöchentlicher intensiver Reinigung nicht verhindert werden. Die daraus resultierende schlechte Wasserqualität verursachte wahrscheinlich auch einen höheren Bakterien- und Keimdruck, welche als weitere Faktoren für den Versuchsverlauf zu sehen sind.

Ein weiterer Grund für die geringe Überlebensrate bei den Krebsen war wahrscheinlich ein unzureichendes Nahrungsangebot. Es konnte beobachtet werden, dass im Korb gelandetes Forellenfutter kaum von den Krebsen angenommen wurden und sich der Großteil der Faeces strömungsbedingt nicht im Korb ablagerte. Dies kann natürlich zu einem unzureichenden Nahrungsangebot für die Krebse geführt haben.

#### 4.6 Wirtschaftlichkeitsanalyse

In der Wirtschaftlichkeitsanalyse wurden verschiedene Szenarien der Integration von Edelkrebsen in existierenden Aquakulturanlagen untersucht. Dabei zeigte sich, dass die Zucht von Edelkrebsen als zusätzliche Einnahmequelle für existierende Aquakulturanlagen, unter den betrachteten Szenarien, keine ökonomisch profitable Investition ist.

Obwohl der Edelkrebs eine hochpreisige und gut zu vermarktende Art ist, reichen die Erlöse nicht aus, um vor allem die hohen Investitionskosten für Becken bzw. Käfige zu decken. So ergab z.B. die Break-Even-Analyse für die Speisekrebsproduktion einen benötigten Erlös von über 70 €/kg für die Integration mit Käfigen und ca. 120 €/kg für die Beckenvariante. Bei derzeitigen Preisen von ca. 40 €/kg würden selbst Skalierungseffekte kaum zu Buche schlagen.

#### 4.7 Tiergesundheit

Die detaillierten Ergebnisse der Sektion und der mikrobiologischen Untersuchung sind als Kopien im Anhang hinterlegt. Bei der Sektion der Krebse aus den Forellenteichen (A) und Forellen-Raceway-System (B), die beide einen guten Ernährungszustand aufwiesen, konnten verschiedene Parasiten (siehe Tab. 1) nachgewiesen werden. Die

Befunde sind allerdings als Nebenbefunde einzustufen, da sie keine ersichtlichen Erkrankungen verursachten.

**Tab. 1:** Befund der Sektion von je 5 Krebsen aus den Versuchen A und B (hgr.- hochgradig; mgr.- mittelgradig; ggr.- geringgradig)

	<b>Forellenteiche (A)</b>	<b>Forellen-Raceway (B)</b>
<b>Panzer</b>	Nematoden (mgr.)	Nematoden (ggr.) Strudelwürmer (mgr.)
<b>Kiemen</b>	Flagellaten (mgr.) Glockentierchen (hgr.)	Muschelkrebse (mgr.) Glockentierchen (mgr.)
<b>Bauchhöhle</b>	Ohne Befund	Ohne Befund

Die mikrobiologische Untersuchung einer Organpoolprobe ergab für die Gruppe (A) einen hochgradigen Befall mit beweglichen *Aeromonaden* und *Buttiauxella brennerae*. Bei beiden Keimen handelt es sich um ubiquitäre Bakterien, die an sich nicht pathogen sind. Durch ungünstigen Umweltbedingungen, wie hohen Temperaturen, Parasitenbefall, starke organische Belastung des Wassers usw., können sich diese aber überproportional vermehren und dadurch Probleme verursachen. Bei der Gruppe (B) wurde ein mittelgradiger Befall mit *Flavobacterium hydatis* nachgewiesen. Diese können bei überproportionaler Vermehrung durch ungünstige Umweltbedingungen ebenfalls Probleme verursachen. Aufgrund der klinischen Unauffälligkeit beider Krebsgruppen, ist auch der mikrobielle Befund als Nebenbefund einzustufen.

## 5 Diskussion

Die im diesem Projekt gesetzten Projektziele konnten zum größten Teil umgesetzt und erreicht werden. Alle Versuche zur Integration von Edelkrebsen in Existierenden Aquakulturanlagen wurden durchgeführt und ausgewertet. Hierbei wurden relativ klare Ergebnisse erzielt, die als Grundlage für die Umsetzung in der deutschen Aquakultur genutzt werden können.

Es hat sich klar gezeigt, dass die **direkte Integration in Teichen mittels Käfigen**, unter den gegebenen Bedingungen, als nicht geeignet bewertet werden muss. Hierbei spielen mehrere Faktoren eine Rolle welche zu den schlechten Überlebensraten führten und letztendlich den Ausschlag für die negative Gesamtbewertung geben. Grundsätzlich muss festgestellt werden, dass das Nahrungsangebot anscheinend nicht ausreichend für die Krebse war. Hierfür können mehrere Gründe eine Rolle

gespielt haben. Es ist z.B. kaum zu kontrollieren wo sich wieviel Faeces und Futterreste ansammeln und so den Krebsen zur Verfügung stehen. Verendete Tiere können von den Krebsen nicht erreicht werden, es sei denn diese bleiben direkt auf oder neben dem Käfig liegen. Allgemein kann auch resümiert werden, dass eine Kontrolle der Tiergesundheit und des Nahrungsangebots in den Käfigen kaum möglich ist, da kein direkter Sichtkontakt vorhanden ist. Daher kann eine Reaktion auf eventuelle Probleme immer nur verzögert erfolgen. Ein weiteres Problem könnte auch die geringe Höhe der Käfige gewesen sein, welche ausreichende Fluchtbewegungen der Krebse behindert. Diese sind gerade während der Häutung sehr empfindlich und eine potentielle Nahrungsquelle für den Artgenossen.

Die **indirekte Integration der Krebse in Tanks** im Auslauf zeigte gute Ergebnisse, sowohl bei den Überlebensraten als auch bei den Wachstumsdaten. Die Haltung in Tanks hat den Vorteil, dass eine Kontrolle der Tiergesundheit und des Nahrungsangebotes sehr gut möglich ist. Im Gegensatz zur Käfighaltung ist hier der Arbeitsaufwand etwas höher, da die Tiere regelmäßig gefüttert und die Zu- und Abläufe der Becken auf ihre Funktion hin geprüft werden müssen.

Eine **ökologische Bilanzierung** und **Bewertung** des IMTA-Ansatzes konnte in den durchgeführten Versuchen nicht mit Daten hinterlegt werden. Dies hatte verschiedene Gründe. Der Hauptgrund ist hierbei das Biomasseverhältnis von Krebsen zu Forellen. Die wenigen Kilogramm Krebse fallen im Verhältnis zu den Tonnen an produzierten Forellen kaum ins Gewicht, so dass eine Reduktion der Nährstofffrachten kaum zu messen und eine Berechnung der Stoffströme kaum möglich ist. Ein weiterer Grund sind die teils modernen Aquakultursysteme. So arbeitet die Heidefisch GmbH aufgrund gesetzlicher Vorgaben z.B. mit einer Denitrifikationseinheit, so dass das Ablaufwasser, welches letztlich in den Vorfluter gelangt, eine Nitratlast von unter 3 mg/l aufweist. Hier ist eine Reduktion der gelösten Nährstoffe kaum noch möglich. Allerdings wurden die Krebse mit toten Forellen gefüttert. Hierdurch wird ein Abfallprodukt in ein hochwertiges Lebensmittel umgewandelt und die Kadaver müssen nicht abgeholt und an einem anderen Ort verwertet werden, was natürlich zu einer Mehrbelastung der Umwelt führt. Des Weiteren konnte in den Krebsbecken üppiges Algenwachstum und eine Vielzahl von Kleinstlebewesen beobachtet werden, so dass man auch hier von einer Reduktion der im Wasser vorhandenen Nährstoffe ausgehen kann, ähnlich einem Schönungsteich. Der natürliche Aufwuchs im Becken erweitert natürlich auch

das Nahrungsangebot der Krebse. Bei der direkten Integration mittels Käfigen wäre es in der Theorie etwas anders. Hier sollten die Krebse sich von der Faeces, Futterresten und verendeten Tieren ernähren, was durchaus zu einer Senkung der Nährstofffrachten führen würde. Da die Krebse am Teichboden sind, sollten sie auch die entstehende Schlammschicht durchwühlen und so die Mineralisierung begünstigen. Allerdings ist kaum zu kontrollieren, was in den Käfigen ankommt und ob die Nahrung ausreichend ist.

Eine Erstellung von **Produktionszyklen und Arbeitsroutinen** erschien aufgrund der Diversität der deutschen Forellenaquakultur als nicht sinnvoll. Die Arbeitsroutinen müssen vor allem in den Hauptbetrieb, sprich die Forellenproduktion, eingepasst werden. Die durchgeführten Versuche bei den Partnern zeigten dabei, dass die notwendigen Arbeitsroutinen für fachkundiges Personal im allgemeinen keine Probleme darstellen. Die Produktionszyklen richten sich vor allem an den Jahreszeiten aus und sind relativ klar vorgegeben. Mit dem Beginn der Wachstumszeit der Krebse müsste dafür Sorge getragen werden, dass sich die Tiere dann in den Teichen befinden, in denen in den nächsten 6 Monaten keine Abfischung bevorsteht.

Die **Wirtschaftlichkeitsanalyse** hat klar gezeigt, dass die zusätzliche Produktion von Edelkrebsen keine ökonomisch profitable Investition ist. Vor allem die hohen Investitionskosten für die Käfige bzw. Tanks sind hier der entscheidende Faktor. Daher kann eine zusätzliche Krebsproduktion durchaus eine Möglichkeit für bestehende Aquakulturbetriebe sein, wenn diese Investitionskosten nicht anfallen oder deutlich reduziert werden können. Hier könnten unterschiedliche Strategien verfolgt werden.

Eine Methode wäre, die Krebse direkt in die Teiche zu setzen, also einfach die Käfige wegzulassen. Dabei müssen natürlich Interaktionen zwischen Krebsen und Forellen berücksichtigt werden, z.B. könnten zu kleine Krebse durchaus von Forellen entsprechender Größe gefressen werden. Ab einer gewissen Größe stellt die Forelle aber keine Gefahr mehr dar, nichtsdestotrotz sollten mögliche Interaktionen auf molekularer bzw. chemischer Ebene (sogenannte „alarm cues“), näher untersucht werden.

Eine weitere Möglichkeit ist die Nutzung vorhandener ungenutzter Systeme, z.B. alter Becken oder Schönungsteiche, welche in vielen klassischen Forellenaquakulturen noch vor dem Vorfluter vorgeschaltet sind. Auch Angelteiche, die von einigen kleineren

Forellenzüchtern als zusätzliche Einnahmequelle betrieben werden, könnten für die Zucht von Edelkrebsen genutzt werden. Natürlich dürfen dann in den genutzten Systemen keine Übertragungsmöglichkeiten für die Krebspest vorhanden sein.

Die Zusammenarbeit mit den **Projektpartnern** war sehr gut und verlief zu unserer vollsten Zufriedenheit. Wir stehen weiterhin mit ihnen im Kontakt, tauschen Erfahrungen aus und stehen bei eventuellen Fragen beratend zur Seite.

Eine direkte **Weiterführung des Vorhabens** ist derzeit nicht geplant. Allerdings können und werden die hier gewonnenen Erkenntnisse durchaus in laufenden oder zukünftigen Projekten einfließen. Derzeit wird in unserer Arbeitsgruppe im Projekt „**MaNaKa**“ ein **Maßnahmenkatalog** für den erfolgreichen und nachhaltigen (Wieder-) Besatz von autochthonen Edelkrebspopulationen erarbeitet. Dieser könnte natürlich auch für Forellenzüchter angewendet werden. So könnten daraus abgeleitet werden, welche Gewässer (Schönungs- oder Angelteiche) geeignet wären, oder welche autochthone Population für den Besatz empfohlen wird.

## 6 Öffentlichkeitsarbeit

- Posterpräsentation auf der Fish International 2018
- Vortrag/Präsentation auf dem „9. Internationale Flusskrebsforum 2019“ in Schleswig: „Integration von detritivoren in existierenden Aquakulturanlagen in Deutschland“ (Anmeldung erfolgt)
- Vortrag/Präsentation auf der „Latin American & Caribbean Aquaculture 19“ (Geplant)
- Wissenschaftliche Publikation in Fachmagazin (in Arbeit)
- Studentische Arbeiten: Gretchen Wagner MSc Student Research Project – Feeding Behaviour of The Noble Crayfish, *Astacus astacus* in Polyculture with Rainbow Trout, *Onchorhynchus mykiss*.

## 7 Fazit

Grundsätzlich konnten die gesteckten Ziele verfolgt und klare Ergebnisse erzielt werden. Die ökologische Bewertung des Ganzen, bezüglich fester und gelöster Nährstoffe war am Ende nicht möglich, da der Einfluss der Krebse auf die Nährstoffflüsse nicht messbar war. Die Edelkrebse ernähren sich durchaus von

Reststoffen und reduzieren dabei auch sicherlich die Gesamtbelastung des Systems, jedoch war dies nicht über herkömmliche Messmethoden nachweisbar. Als schwierig stellte sich die zeitliche Planung der Praxisversuche dar. Das Problem liegt hier vor allem in der kurzen Wachstumsperiode der Krebse, welche dazu führt, dass Daten nur vom Frühjahr (April-Mai) bis in den Herbst (September-Oktober) erhoben werden könne. Im restlichen Jahr passiert quasi kaum etwas mit den Krebsen. Von daher konnten auch keine Modifikationen der Praxisüberführung durchgeführt werden, was sicherlich im Fall der Käfige sinnvoll gewesen wäre. Dies war aber angesichts der Projektlaufzeit nicht möglich. Es wäre daher angebracht bei späteren ähnlich gelagerten Forschungsvorhaben, solche Faktoren zu berücksichtigen.

## 8 Literatur

**Brämick Dr. Uwe (2017).** „Jahresbericht zur Deutschen Binnenfischerei und Binnenaquakultur 2017.“ Erstellt im Auftrag der obersten Fischereibehörde der Bundesländer.

**Chopin T., Buschmann A.H., Halling C., Troell M., Kautsky N., Neori A., Kraemer G.P., Zertuche-González J.A., Yarish C., Neefus C. (2001).** Integrating Seaweeds into marine aquaculture systems: a key toward sustainability. *Journal of Phycology*, 37, 975-986.

**FAO, 2018.** World review of fisheries and aquaculture 2017, Rom, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

**Lorenzon S., Giulianini P.G., Libralato S., Martinis M., Ferrero E.A. (2008).** Stress Effect of Two Different Transport Systems on the Physiological Profiles of the Crab Cancer Pagurus. *Aquaculture* 278: 156-163.

**Malev O., Šrut M., Maguire I., Štambuk A., Ferrero E.A., Lorenzon S., Klobučar G.I.V. (2010).** Genotoxic, physiological and immunological effects caused by temperature increase, air exposure or food deprivation in freshwater crayfish *Astacus leptodactylus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology* 152(4):433–43.

**Rana K.J., Siriwardena, S., & Hasan, M. R. (2009).** Impact of rising feed ingredient prices on aquafeeds and aquaculture production. *Fisheries and Aquaculture technical paper: FAO*, 541.

**Shaw, S. and M. Gabbott (1992).** Development of trout markets and marketing with particular reference to the European experience. *Aquaculture* 100(1-3): 11-24.

**Sladkova S. V., Kholodkevich S. V (2011).** Total Protein in Hemolymph of Crawfish *Pontastacus Leptodactylus* as a Parameter of the Functional State of Animals and a Biomarker of Quality of Habitat. *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology* 47, Nr. 2: 160–67.

**Taylor S., Landman M.J., und Ling N. (2009).** Flow Cytometric Characterization of Freshwater Crayfish Hemocytes for the Examination of Physiological Status in Wild and Captive Animals. *Journal of Aquatic Animal Health* 21:195–203.

## 9 Anhang

### 9.1 Wirtschaftlichkeitsanalyse

# Wirtschaftlichkeitsanalyse zur Integration von Detrivo- ren in existierenden Aquakulturanlagen

## Inhalt

Wirtschaftlichkeitsanalyse zur Integration von Detrivo- ren in existierenden Aquakulturanlagen.....	1
Einleitung .....	1
Datengrundlage & Annahmen .....	2
Kostenvergleichsrechnung .....	3
Gesamtkostenanalyse .....	5
Gewinnanalyse .....	5
Rentabilität.....	6
Amortisationsdauer .....	6
Break-Even-Analyse .....	6
Dynamisches Verfahren .....	6
Fazit .....	7
Anhang.....	8

## Einleitung

Im Folgenden wird der Einsatz von *Astacus astacus* als sekundärer, detrivorer Organismus in Forellenzuchtanlagen ökonomisch bewertet. Dazu werden zwei vom Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI) untersuchte Konzepte -

Konzept 1: „Mast in Käfigen direkt im Forellenteich“ und  
Konzept 2: „Mast in separaten, angrenzenden Becken“ -

hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit miteinander verglichen. Ebenso wird verglichen ob eine Speise- oder Satz-  
krebproduktion die lohnenswertere Investition ist.

Wie im Auftrag gefordert, wird eine Kostenvergleichsrechnung erstellt, bei der die Kosten, Gewinne, Rentabi-  
lität, Amortisationsdauer und Break-Even beider Konzepte und Produktionsvarianten gegenübergestellt wer-  
den. Mit der Kapitalwertmethode als dynamisches Verfahren der Kostenrechnung wird außerdem ein 10-jäh-  
riger Betriebszeitraum betrachtet.

Die Daten, auf denen die Analyse beruht, wurden vom AWI geliefert. Sie basieren auf wissenschaftlichen  
Veröffentlichung, eigens erhobenen Werte in abgeschlossenen und aktuellen Forschungsvorhaben und An-  
nahmen die im Vorfeld der Studie gemeinsam mit dem Auftragnehmer ttz Bremerhaven erörtert wurden.  
Dies ist bei der Interpretation der Aussagen zu berücksichtigen.

## Datengrundlage & Annahmen

Gemäß dem Jahresbericht zur Deutschen Binnenfischerei und -aquakultur 2017 existieren in Deutschland ca. 1000 Forellenbetriebe, wobei nur ca. 200 eine Jahresproduktion von 5 t/a überschreiten. Die deutliche Mehrzahl der Betriebe produziert im Nebenerwerb. Diese wurden vom AWI als Zielgruppe für die Konzepte bestimmt und entsprechend wurden vom AWI die maximalen Produktionskapazitäten mit 50 kg/a Speisekrebs bzw. 2000 Stück/a Satzkrebs angegeben. Edelkrebse haben als Bodenbewohner einen bestimmten Flächenbedarf. Im Gegensatz z.B. zu Rundfischen kann daher die Produktion pro Flächeneinheit (m<sup>2</sup>) grundsätzlich nicht über eine Erhöhung der Wassertiefe verbessert werden. Daher reicht es in diesem Fall aus, sich ausschließlich mit der Produktion pro Quadratmeter zu beschäftigen. Insgesamt steht für die beiden nachfolgenden Konzepte die gleiche Produktionsfläche von 50 m<sup>2</sup> zur Verfügung.

**Konzept 1** sieht dabei vor, dass die Edelkrebse in bespannten Edelstahlkäfigen à 1m<sup>2</sup> Grundfläche direkt im Forellenteich gezüchtet und nicht zugefüttert werden.

**Konzept 2** sieht dabei vor, dass die Edelkrebse in Kunststoffbecken in unmittelbarer Nähe/neben den Forellenteichen gezüchtet werden und dabei ausschließlich mit den über den Jahresverlauf anfallenden toten Forellen aus der Produktion zugefüttert werden. Es wird davon ausgegangen, dass der Grund und Boden bereits im Besitz des Züchters ist, ein einfacher Zugang zu den Becken möglich ist und nur geringe Arbeiten zum Erschließen und Herrichten eines ebenen Bodens für die Becken nötig sind ohne die Fläche zu überbauen. Ebenfalls wird angenommen, dass den Becken Wasser aus den Forellenteichen per Gravitation zugeführt und auf die gleiche Weise wieder abgeführt wird, so dass kein zusätzlicher Strombedarf für Wasserzirkulation und Kühlung/Erwärmung entsteht. Die Prozesswasserreinigung übernimmt die Forellenanlage, ohne dass hier zusätzliche Kosten (z.B. durch Vergrößerung) anfallen.

Nach den erläuterten Annahmen ergeben sich dabei die in Tabelle 1 aufgeführten Investitionskosten pro m<sup>2</sup> aus denen sich der Anschaffungswert berechnen lässt. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass eine detaillierte Kostenabschätzung erst nach einer intensiven Planungsphase möglich ist. Nach der Nutzungsdauer haben die Edelstahlkäfige noch einen Restwert von ca. 100 €, die Kunststoffbecken jedoch keinen.

**Tabelle 1:** Übersicht über Investitionskosten & Restwert (nach Abschreibungszeitraum) und den daraus resultierenden Anschaffungswert bezogen auf eine Produktionskapazität von 50 kg Speisekrebs bzw. 2000 Stück Satzkrebs pro Jahr

Beschreibung	Kosten [€/m <sup>2</sup> ]	
	Konzept 1 „Käfig“	Konzept 2 „Becken“
Grundstück	0	0
Herrichten und Erschließung	0	2
Bauwerk - Baukonstruktion	0	0
Bauwerk - Technische Anlagen	0	0
Baunebenkosten	0	0
Käfige (Konzept 1) bzw. Becken (Konzept 2)	250	300
Anschlüsse (Rohre, Kugelhähne etc.)	0	15
Sonstiges (Verstecke; Seil)	10	5
Gesamtkosten	260	322
	Kosten [€/ 50 m <sup>2</sup> ]	
<b>Anschaffungswert (gesamte Anlage)</b>	<b>13.000</b>	<b>16.100</b>
<b>Restwert (gesamte Anlage)</b>	<b>100</b>	<b>0</b>

Für beide Konzepte wird gemäß der „AfA-Tabelle für den Wirtschaftszweig "Binnenfischerei, Teichwirtschaft, Fischzucht, fischwirtschaftliche Dienstleistungen" eine Nutzungsdauer von 10 Jahre mit einer linearen Abschreibung über den gesamten Zeitraum ausgegangen (jährlicher Abschreibungssatz). Des Weiteren wurde angenommen, dass es innerhalb des Nutzungszeitraums zu einem Totalausfall in der Produktion kommt. Dieser wurde kalkulatorisch gleichmäßig auf die 10-jährige Nutzungsdauer verteilt, indem die Auslastung bzw. der maximale Ertrag in jedem Jahr um 10% von maximal 50 kg/a bzw. 2000 Stück/a auf 4,5 kg/a bzw. 1800 Stück/a reduziert wurde. Für die Speise- und Satzkrebsproduktion wird eine Mortalität von 10% angenommen und das jeweils das gesamte Produktionsvolumen eines jeden Jahres zum festgelegten Marktpreis abgesetzt wird.

Bei der **Speisekrebsproduktion** wird dabei eine Besatzdichte von 10 Zweisömmrigen Krebsen (S2)/m<sup>2</sup> (à ca. 40g für 2 € pro Stück im Einkauf) angenommen die binnen 365 Tagen auf durchschnittlich 100 g S3 Krebse anwachsen mit einem Ertrag von 1 kg Speisekrebs/m<sup>2</sup>. Der Marktpreis wurde mit 40 €/kg festgelegt. Dies ergibt einen Erlös von 1800 €/a.

Im Falle der **Satzkrebsproduktion** wird eine Besatzdichte von 44-45 Einsömmrigen Krebse (S1)/m<sup>2</sup> (gesamt 2223 Krebse) (à 5g für 1 € pro Stück im Einkauf) angenommen die binnen 365 Tagen zu S2 Krebse anwachsen. Der Marktpreis wurde mit 2 €/Stück festgelegt. Dies ergibt einen Erlös von 3600 €/a.

Nicht gesondert berücksichtigt wurden ein separater Besatzplan (Besatz immer alle Krebse zum gleichen Zeitpunkt innerhalb eines Jahres, sowie Abfischung 365 Tage später), explizite Wachstumsdaten (nur Start-End-Gewicht/Stückzahl) oder eine Futterverwertung (entfällt). Tabelle 2 enthält eine Übersicht der getroffenen Annahmen.

**Tabelle 2:** Übersicht der Annahmen für die jeweiligen Konzepte. Ein „/“ trennt dabei die Einheiten und Zahlenwerte von Speise- (links vom /) und Satzkrebsproduktion (rechts vom /).

<b>Parameter [Einheit Speise / Satz]</b>	<b>Konzept 1</b>	<b>Konzept 2</b>
Kapazität [kg/a] / [Stück/a]	50 / 2000	50 / 2000
Auslastung [kg/a] / [Stück/a]	45 / 1800	45 / 1800
Produktionsfläche [m <sup>2</sup> ]	50	50
Nutzungsdauer [a]	10	10
Besatzdichte [Krebse/m <sup>2</sup> ]	10 / 44-45	10 / 44-45
Besatz gesamt [Krebse]	500 / 2223	500 / 2223
Mortalität [%]	10	10
Aufzuchtzyklus [a]	365	365
Marktpreis S1 Krebs [€/Stück]		1
Marktpreis S2 Krebs [€/Stück]	2	2
Marktpreis Speisekrebs [€/kg]	40	
Erlös [€/a]	1800 / 3600	1800 / 3600

## Kostenvergleichsrechnung

Um zu entscheiden, welches der beiden Konzepte für Forellenzüchter die lohnendere Alternative ist, wurde eine Kostenvergleichsrechnung aufgestellt. Dazu werden weitere Daten benötigt, wie der Kalkulationszinssatz und die kalkulatorischen Zinsen. Als Kalkulationszinssatz wurde 5% gewählt. Dieser Satz entspricht im Sinne der Kostenrechnung den Einnahmen, auf die der Forellenzüchter verzichtet, indem er in eine Krebszucht und nicht in eine alternative Kapitalanlage investiert. Die kalkulatorischen Zinsen berechnen sich durch Multiplizieren des Zinssatzes mit dem durchschnittlich gebundenen Kapital. Das durchschnittlich gebundene Kapital errechnet sich aus dem Anschaffungswert abzüglich des Restwerts dividiert durch zwei, die jährliche Abschreibung aus derselben Differenz geteilt durch die Nutzungsdauer, siehe Tabelle 3.

**Tabelle 3:** Übersicht über die errechneten kalkulatorischen Zinsen, gebundenes Kapital und Abschreibungskosten

Parameter [Einheit]	Konzept 1	Konzept 2
Kalkulationszinssatz [%]	5	5
kalkulatorische Zinsen [€/a]	327,5	402,5
durchschnittlich gebundenes Kapital [€]	6550	8050
Abschreibung [€/a]	1290	1610

Außerdem müssen die Kosten in fixe und variable Kosten unterteilt werden. Fixkosten sind bspw. Miet-, Pacht oder Zinsaufwendungen und Gehälter. Diese fallen unabhängig davon an, ob bzw. wie viel produziert wird. Für die vorliegenden Konzepte fallen nur die Lohnkosten darunter. Dabei wird angenommen, dass bei der Entscheidung für eine Integration der Krebszucht zu Beginn eines jeden Jahres ein Hilfsarbeitsvertrag für die gesamten, notwendigen und über das Jahr verteilten Stunden ausgestellt wird. Die geschätzten Kosten ergeben sich aus der folgenden Tabelle.

**Tabelle 4:** Abschätzung der Fixkosten, die sich in der vorliegenden Studie nur aus den Lohnkosten ergeben

Parameter [Einheit]	Konzept 1	Konzept 2
Arbeit über das Jahr verteilt [h]	12	182
Abfischen [h]	8	9
Desinfizieren, mechanisch reinigen, neu befüllen, neu besetzen [h]	8	9
Gesamt [h]	28	200
Mindestlohn [€/h]	10	10
Annahme	wird von Bestandspersonal der Farm übernommen	Einstellung einer Hilfskraft für die notwendige Stundenzahl im Jahr zum Mindestlohn
Lohnkosten für Betrieb der Krebszucht [€/a]	0	2000
<b>Fixe Kosten (€ / a)</b>	<b>0</b>	<b>2000</b>

Die Überlegungen zeigen, dass im Falle von Konzept 2 über einen Monat an Vollzeitarbeit zusätzlich zum normalen Betrieb der Forellenanlage entsteht, wohingegen in Konzept 1 nicht einmal eine volle Arbeitswoche zusammenkommt. Daher wurde die Annahme getroffen, dass nur im Falle von Konzept 2 Mehrkosten durch eine Hilfskraft entstehen wohingegen in Konzept 1 durch eine bessere Organisation der Arbeit das Bestandspersonal die Observation der Krebse übernehmen kann und somit keine zusätzlichen Lohnkosten entstehen.

Die variablen Kosten steigen mit der Produktionsmenge und sind in der folgenden Tabelle genauer aufgeschlüsselt (siehe auch Seite 3, Erläuterung der Konzepte). Die durchschnittlichen variablen Kosten pro Produktionseinheit errechnet sich aus den variablen Kosten geteilt durch die Auslastung. Die durchschnittlich variablen Kosten beziehen sich auf den nicht geschlachteten Krebs ab Farm.

**Tabelle 5:** Abschätzung der variablen Kosten für die jeweiligen Konzepte. Ein „/“ trennt dabei die Einheiten und Zahlenwerte von Speise- (links vom /) und Satzkrebsproduktion (rechts vom /).

Parameter [Einheit]	Konzept 1	Konzept 2
Futter [€/a]	0	0
Energie [€/a]	0	0
Wärme [€/a]	0	0
Wasser [€/a]	0	0

Versicherung [€/a]	0	0
Veterinärkosten [€/a]	30	30
Instandhaltung [€/a]	650	400
Kosten Krebsbesatz [€/a]	1000 / 2223	1000 / 2223
<b>Variable Kosten [€/a]</b>	<b>1730 / 2953</b>	<b>1480 / 2703</b>
<b>durchschnittliche variable Kosten [€/kg] / [€/Stück]</b>	<b>37,33 / 1,61</b>	<b>31,78 / 1,47</b>

### Gesamtkostenanalyse

Aufbauend auf den zuvor dargestellten Annahmen und berechneten Werten, wurden die Gesamtkosten für beide Konzepte in der jeweiligen Produktionsform bestimmt. Die Gesamtkosten ergeben sich, wenn man zum Produkt der durchschnittlichen variablen Kosten und der Auslastung die fixen Kosten, die Abschreibung und kalkulatorischen Zinsen hinzuaddiert (siehe Tabelle 6).

**Tabelle 6:** Übersicht der Gesamtkosten

Parameter	Konzept 1 Speisekrebs	Konzept 2 Speisekrebs	Konzept 1 Satzkrebs	Konzept 2 Satzkrebs
<b>Gesamtkosten [€/a]</b>	<b>3297,50</b>	<b>5442,50</b>	<b>4520,50</b>	<b>6665,50</b>

Kostentechnisch ist unter den gewählten Bedingungen die direkte Integration mittels Käfigen im Teich, der Produktion in gesonderten Becken vorzuziehen, unabhängig davon ob Setzlinge oder Speisekrebse produziert werden. Die Gesamtkosten von Konzept 1 liegen 2145 €/a unter denen von Konzept 2. Die Produktion von Speisekrebsen ist 1223 €/a günstiger, als die Produktion von Satzkrebsen. Hauptverantwortlich für den Unterschied bei den verschiedenen Konzepten sind die um 2000 € höheren Lohnkosten (fixe Kosten), die sich aus dem signifikanten Unterschied im Betreuungsaufwand für die Becken gegenüber den Käfigen ergeben.

### Gewinnanalyse

Der Gewinn errechnet sich aus dem Produkt von Auslastung und Marktpreis minus der Gesamtkosten (s.o.). Das Ergebnis ist der folgenden Tabelle zu entnehmen.

**Tabelle 7:** Übersicht des Gewinns

Parameter	Konzept 1 Speisekrebs	Konzept 2 Speisekrebs	Konzept 1 Satzkrebs	Konzept 2 Satzkrebs
<b>Gewinn [€/a]</b>	<b>-1497,50</b>	<b>-3642,50</b>	<b>-920,50</b>	<b>-3065,50</b>

Die Gewinnanalyse zeigt, dass keines der betrachteten Konzepte Gewinne abwirft. Anders als bei den Gesamtkosten ist hier jedoch die Produktion von Satzkrebsen vorzuziehen, da die Verluste hier insgesamt geringer ausfallen. So ist die Produktion von Satzkrebsen in Käfigen um 577 €/a weniger verlustreich, als die Produktion von Speisekrebsen. Konzept 1 ist um 2145 €/a weniger verlustreich als Konzept 2. Wichtige Faktoren sind hier die Gesamtkosten (jährliche Abschreibung und für Konzept 2 auch die Lohnkosten) sowie die Festlegung der Marktpreise. Allerdings müssten diese im Fall der Speisekrebsproduktion deutlich erhöht werden, um gerade keinen Verlust zu machen - für Konzept 1 auf 73,30 €/kg, für Konzept 2 auf 120,95 €. Für die Satzkrebsproduktion ergeben sich analog 2,52 €/Stück für Konzept 1 bzw. 3,71 €/Stück für Konzept 2. Eine Erhöhung der Kapazität und damit der Auslastung hilft kaum, da damit auch die Anschaffungs- & Lohnkosten steigen.

### Rentabilität

Die Rentabilität berechnet sich als Gewinn zuzüglich der kalkulatorischen Zinsen (so erscheint der Gewinn vor Abzug der Zinsen) dividiert durch das durchschnittlich gebundene Kapital (wenn man eine kontinuierliche Freisetzung voraussetzt). Er ist in der folgenden Tabelle aufgeführt.

**Tabelle 8:** Übersicht der Rentabilität

Parameter	Konzept 1 Speisekrebs	Konzept 2 Speisekrebs	Konzept 1 Satzkrebs	Konzept 2 Satzkrebs
Rentabilität [%]	-17,86	-40,25	-9,05	-33,08

Wie nach der Betrachtung des Gewinns zu erwarten, ist keines der Konzepte rentabel und als Investition zu empfehlen. Vergleicht man die Werte dennoch, wäre die Satzkrebsproduktion der Speisekrebsproduktion vorzuziehen, sowie Konzept 1 Konzept 2 überlegen.

### Amortisationsdauer

Die Amortisationsdauer ergibt sich aus der Division des Anschaffungswertes durch die Summe aus Gewinn, kalkulatorischen Zinsen und Abschreibung. Da keines der Konzepte Gewinne erwirtschaftet, kann sich eine Anlage nicht amortisieren.

### Break-Even-Analyse

Um eine Aussage darüber treffen zu können, ab welcher Produktionsmenge die Gewinne die Verluste überschreiten, wurde der Break-Even-Point (BEP). Das ist der Punkt, an dem sich Erlöse und Kosten der Krebsproduktion (oder eines Produktes) entsprechen. Dazu wurde die Summe von fixen Kosten und Abschreibung durch die Differenz von Marktpreis und durchschnittlichen variablen Kosten geteilt. Multipliziert man den BEP mit dem Marktpreis kann man den Umsatz am BEP bestimmen. Tabelle 9 zeigt die Ergebnisse.

**Tabelle 9:** Errechneter Break-Even-Point (BEP) (aufgerundet) und am BEP erzielte Umsatz

Parameter	Konzept 1 Speisekrebs	Konzept 2 Speisekrebs	Konzept 1 Satzkrebs	Konzept 2 Satzkrebs
Break-Even-Point [kg/a] / [Stück/a]	484	439	3331	6862
Umsatz am BEP [€]	19350	17562	6663	13723

Wie die Gewinn- und Rentabilitätsrechnung bereits gezeigt haben, ist die Krebszucht nach dem vorgeschlagenen Konzept, aus ökonomischer Sicht nicht sinnvoll. Auch die in Tabelle 9 errechneten Werte haben keinen Wert. Zwar kann der BEP rechnerisch bestimmt werden, allerdings würde eine Erhöhung der jährlichen Produktion auf die errechneten Werte eine signifikante Erhöhung der Anschaffungskosten und damit jährlichen Abschreibung sowie eine Erhöhung der Lohnkosten nach sich ziehen. Beides wird hier nicht berücksichtigt.

## Dynamisches Verfahren

Die Kostenvergleichsrechnung betrachtet nur eine Periode und nicht den gesamten Nutzungszeitraum. Daher sind die Informationen, die sie liefert, stets kritisch zu betrachten. Will man mehrere Perioden begutachten, wendet man daher sogenannte dynamischen Verfahren an. Zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit der beiden Konzepte wurde dazu im Folgenden die Kapitalwertmethode zur Berechnung des jeweiligen Kapitalwerts genutzt. Sie gewichtet den zeitlichen Anfall von Zahlungen durch Abzinsung. Dazu wird die Differenz von Erlösen und Ausgaben der einzelnen Jahre (t) durch die Potenz der Summe aus Kalkulationszinssatz und Eins dividiert und die Ergebnisse bis zum Ende der Nutzungsdauer aufsummiert:

$$\text{Kapitalwert} = \sum_{t=0}^{\text{Nutzungsdauer}} \frac{\text{Erlös}_t - \text{Ausgaben}_t}{(1 + \text{kalk. Zins})^t}$$

Das Ergebnis kann Tabelle 10 entnommen werden, im Anhang befinden sich zudem die Zahlenwerte je Jahr.

**Tabelle 10:** Übersicht über die errechneten Kapitalwerte

Parameter	Konzept 1 Speisekrebbs	Konzept 2 Speisekrebbs	Konzept 1 Satzkrebbs	Konzept 2 Satzkrebbs
Kapitalwert	- 12.135 €	- 29.459 €	- 7.679 €	- 25.003 €
Investition ist	nachteilhaft	nachteilhaft	nachteilhaft	nachteilhaft

Bei der Interpretation ist zu berücksichtigen, dass der einmalige Komplettausfall in der Produktion innerhalb der Nutzungsdauer nicht explizit einem bestimmten Jahr zugeordnet wurde, sondern anteilhaft auf die Jahre umgelegt wurde.

Die Kapitalwertmethode zeigt klar das eine Investition egal welchen Konzeptes nachteilhaft ist. Die Produktion von Satzkrebsen ist dabei etwas weniger nachteilhaft als die von Speisekrebbsen. Konzept 1 ist Konzept 2 überlegen.

## Fazit

Die Studien des AWI haben gezeigt, dass die getesteten Konzepte zur Zucht von Krebsen in Forellenanlage technisch umsetzbar sind. Ebenfalls besteht mit ca. 800 Forellenfarmern im Nebenerwerb allein in Deutschland eine hinreichend große Menge an potentiellen Kunden zur Verfügung.

Aus ökonomischer Sicht konnte unter den vorgegebenen Bedingungen und getroffenen Annahmen keines der Konzepte überzeugen. So zeigen die Ergebnisse aus statischer und dynamischer Investitionsrechnung klar, dass von einem Invest anzuraten ist. Am besten Schnitt in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit noch die Produktion von Satzkrebsen in Konzept 1 ab. Um in die Gewinnzone zu kommen, bleibt vor allem die Möglichkeit die Preise der Produkte zu erhöhen oder die Kosten zu senken, wenn man nur eben gerade keinen Verlust mit der Investition machen möchte: für Konzept 1 auf 73,30 €/kg, für Konzept 2 auf 120,95 € bzw. für die Satzkrebsproduktion 2,52 €/Stück für Konzept 1 oder 3,71 €/Stück für Konzept 2. Dynamisch betrachtet müssten die Preise sogar noch geringfügig höher ausfallen. Eine Erhöhung der Kapazität und damit der Auslastung hilft kaum, da damit auch die Anschaffungs- & Lohnkosten steigen würden. Hier könnten nur eine deutliche Erhöhung der Produktion helfen, die dann aber nicht mehr im Nebenerwerb umsetzbar wäre.

## Anhang

Übersicht über die errechneten Barwerte und den daraus resultierenden Kapitalwert für eine Speisekrebssproduktion nach Konzept 1

Jahr (t)	Erlös	Summe Ausgaben	Anschaffungswert	Fixkosten	var. Kost.	Restwert	Erlös-Ausgaben	(1+Kalkz.) <sup>t</sup>	Barwert
0	€ -	13.000 €	13.000 €				-13.000 €	1,00	- 13.000 €
1	1.800 €	1.680 €			1.680 €		120 €	1,05	114 €
2	1.800 €	1.680 €			1.680 €		120 €	1,10	109 €
3	1.800 €	1.680 €			1.680 €		120 €	1,16	104 €
4	1.800 €	1.680 €			1.680 €		120 €	1,22	99 €
5	1.800 €	1.680 €			1.680 €		120 €	1,28	94 €
6	1.800 €	1.680 €			1.680 €		120 €	1,34	90 €
7	1.800 €	1.680 €			1.680 €		120 €	1,41	85 €
8	1.800 €	1.680 €			1.680 €		120 €	1,48	81 €
9	1.800 €	1.680 €			1.680 €		120 €	1,55	77 €
10	1.800 €	1.780 €			1.680 €	100	20 €	1,63	12 €
<b>Kapitalwert</b>									<b>- 12.135 €</b>

Übersicht über die errechneten Barwerte und den daraus resultierenden Kapitalwert für eine Speisekrebsproduktion nach Konzept 2

Jahr (t)	Erlös	Summe Ausgaben	Anschaffungswert	Fixkosten	var. Kost.	Restwert	Erlös-Ausgaben	(1+Kalkz.) <sup>t</sup>	Barwert
0	- €	18.100 €	16.100 €	2.000 €			- 18.100 €	1,00	- 18.100 €
1	1.800 €	3.430 €		2.000 €	1.430 €		- 1.630 €	1,05	- 1.552 €
2	1.800 €	3.430 €		2.000 €	1.430 €		- 1.630 €	1,10	- 1.478 €
3	1.800 €	3.430 €		2.000 €	1.430 €		- 1.630 €	1,16	- 1.408 €
4	1.800 €	3.430 €		2.000 €	1.430 €		- 1.630 €	1,22	- 1.341 €
5	1.800 €	3.430 €		2.000 €	1.430 €		- 1.630 €	1,28	- 1.277 €
6	1.800 €	3.430 €		2.000 €	1.430 €		- 1.630 €	1,34	- 1.216 €
7	1.800 €	3.430 €		2.000 €	1.430 €		- 1.630 €	1,41	- 1.158 €
8	1.800 €	3.430 €		2.000 €	1.430 €		- 1.630 €	1,48	- 1.103 €
9	1.800 €	3.430 €		2.000 €	1.430 €		- 1.630 €	1,55	- 1.051 €
10	1.800 €	3.430 €			1.430 €	0	- 1.630 €	1,63	227 €
<b>Kapitalwert</b>									<b>- 29.459 €</b>

Übersicht über die errechneten Barwerte und den daraus resultierenden Kapitalwert für eine Satzkrebsproduktion nach Konzept 1

Jahr (t)	Erlös	Summe Ausgaben	Anschaffungswert	Fixkosten	var. Kost.	Restwert	Erlös-Ausgaben	(1+Kalkz.) <sup>t</sup>	Barwert
0	€ -	13.000 €	13.000 €	€ -	- €	0	- 13.000 €	1,00	- 13.000 €
1	3.600 €	2.903 €	€ -	€ -	2.903 €	0	697 €	1,05	664 €
2	3.600 €	2.903 €	€ -	€ -	2.903 €	0	697 €	1,10	632 €
3	3.600 €	2.903 €	€ -	€ -	2.903 €	0	697 €	1,16	602 €
4	3.600 €	2.903 €	€ -	€ -	2.903 €	0	697 €	1,22	573 €
5	3.600 €	2.903 €	€ -	€ -	2.903 €	0	697 €	1,28	546 €
6	3.600 €	2.903 €	€ -	€ -	2.903 €	0	697 €	1,34	520 €
7	3.600 €	2.903 €	€ -	€ -	2.903 €	0	697 €	1,41	495 €
8	3.600 €	2.903 €	€ -	€ -	2.903 €	0	697 €	1,48	472 €
9	3.600 €	2.903 €	€ -	€ -	2.903 €	0	697 €	1,55	449 €
10	3.600 €	3.003 €	€ -	€ -	2.903 €	100	597 €	1,63	367 €
<b>Kapitalwert</b>									<b>- 7.679 €</b>

Übersicht über die errechneten Barwerte und den daraus resultierenden Kapitalwert für eine Satzkrebsproduktion nach Konzept 2

Jahr (t)	Erlös	Summe Ausgaben	Anschaffungswert	Fixkosten	var. Kost.	Restwert	Erlös-Ausgaben	(1+Kalkz.) <sup>t</sup>	Barwert
0	€ -	18.100 €	16.100 €	2.000 €	- €	0	- 18.100 €	1,00	- 18.100 €
1	3.600 €	4.653 €	€ -	2.000 €	2.653 €	0	- 1.053 €	1,05	- 1.003 €
2	3.600 €	4.653 €	€ -	2.000 €	2.653 €	0	- 1.053 €	1,10	- 955 €
3	3.600 €	4.653 €	€ -	2.000 €	2.653 €	0	- 1.053 €	1,16	- 910 €
4	3.600 €	4.653 €	€ -	2.000 €	2.653 €	0	- 1.053 €	1,22	- 866 €
5	3.600 €	4.653 €	€ -	2.000 €	2.653 €	0	- 1.053 €	1,28	- 825 €
6	3.600 €	4.653 €	€ -	2.000 €	2.653 €	0	- 1.053 €	1,34	- 786 €
7	3.600 €	4.653 €	€ -	2.000 €	2.653 €	0	- 1.053 €	1,41	- 748 €
8	3.600 €	4.653 €	€ -	2.000 €	2.653 €	0	- 1.053 €	1,48	- 713 €
9	3.600 €	4.653 €	€ -	2.000 €	2.653 €	0	- 1.053 €	1,55	- 679 €
10	3.600 €	2.653 €	€ -	€ -	2.653 €	0	947 €	1,63	581 €
<b>Kapitalwert</b>									<b>- 25.003 €</b>

## 9.2 Untersuchungsbericht der Tierärztlichen Hochschule Hannover

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover  
University of Veterinary Medicine Hannover



Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Parasitologie, Abteilung  
Fischkrankheiten und Fischhaltung, Bünteweg 17, 30559 Hannover

**Institut für Parasitologie, Abteilung  
Fischkrankheiten und Fischhaltung**

Alfred-Wegener-Institut  
Rajko Thiele  
Bussestraße 27  
27570 Bremerhaven

Leiter:  
**apl. Prof. Dr. Dieter Steinhagen**  
Bünteweg 17  
30559 Hannover

Tel. +49 511 953-8889  
Fax +49 511 953-8587  
fisch@tiho-hannover.de

**Behandelnder Tierarzt:**  
Felix Teitge

**Befundnummer:**  
1148-11511018

**Datum**  
Hannover, 10.10.2018

Sehr geehrter Herr Thiele,  
anbei die Ergebnisse der klinischen Untersuchung und Sektion vom 08.10.2018:

**VORBERICHT:** Bitte um Sektion und mikrobiologischer Untersuchung zweier Gruppen  
europäischer Flusskrebse (*Astacus astacus*).

### **GRUPPE A**

**AUSSEHEN:** 5 Europäische Flusskrebse, 11 - 13 cm bei 55,08 – 89,39 g, arttypisch

**KONDITION:** gut

**EZ:** gut

**PANZER:** mgr. Befall mit Nematoden nachweisbar, sonst keine Parasiten nachweisbar.

**KIEMEN:** mgr. Befall mit Flagellaten nachweisbar, hgr. Befall mit Glockentierchen  
(*Vorticella* sp.) nachweisbar, sonst keine Parasiten nachweisbar

**Bauchhöhle:** Körperhöhle: keine Anzeichen vermehrter Flüssigkeit  
Mitteldarmdrüse (Hepatopankreas): obB.  
Grüne Drüsen (Nieren): obB.  
Magen: ggr. mit Schleim und Futterresten gefüllt, keine Parasiten nachweisbar  
Darm: mgr. mit Schleim und Futterresten gefüllt, keine Parasiten nachweisbar  
Herz: obB.  
Muskulatur: obB.

**ZU:** Mikrobiologische Untersuchung einer Organpoolprobe

Seiten insgesamt  
1 / 2

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover  
Institut für Parasitologie, Abteilung  
Fischkrankheiten und Fischhaltung  
Bünteweg 17  
30559 Hannover  
Steuer-Nr. 25/202/26506  
Ust-ID-Nr. DE 233060166

Bankverbindung  
Norddeutsche Landesbank Hannover  
BLZ 250 500 00  
Konto 106 031 404  
IBAN DE20 2505 0000 0106 0314 04  
SWIFT-BIC: NOLA DE 2H

www.tiho-hannover.de

## **GRUPPE B**

**AUSSEHEN:** 5 Europäische Flusskrebse, 12-12,5 cm bei 72,56 – 116,20 g, arttypisch

**KONDITION:** gut

**EZ:** gut

**PANZER:** ggr. Befall mit Nematoden und mgr. Befall mit Strudelwürmern (*Turbellaria*) nachweisbar, sonst keine Parasiten nachweisbar.

**KIEMEN:** mgr. Befall mit Glockentierchen (verm. *Vorticella* sp.) nachweisbar, mgr. Muschelkrebse (Ostracoda) nachweisbar, sonst keine Parasiten nachweisbar

**Bauchhöhle:** Körperhöhle: keine Anzeichen vermehrter Flüssigkeit  
Mitteldarmdrüse (Hepatopankreas): obB.  
Grüne Drüsen (Nieren): obB.  
Magen: mgr. mit Schleim und Futterresten gefüllt, keine Parasiten nachweisbar  
Darm: hgr. mit Schleim und Futterresten gefüllt, keine Parasiten nachweisbar  
Herz: obB.  
Muskulatur: obB.

**ZU:** Mikrobiologische Untersuchung einer Organpoolprobe

Der Nachweis der Nematoden, *Turbellaria* und *Vorticella* sp. sowie der Flagellaten und der Muschelkrebse bei beiden Gruppen ist als Nebenbefund einzustufen.

Sobald die Ergebnisse der Zusatzuntersuchungen vorliegen, melden wir uns bei Ihnen.

Für Rückfragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen,

Felix Teitge  
(Tierarzt)

Seiten insgesamt  
2 / 2

### Abkürzungen

obB. = ohne besonderen Befund  
ggr. = geringgradig  
mgr. = mittelgradig  
hgr. = hochgradig

EZ = Ernährungszustand  
ZU = Zusatzuntersuchungen  
BE = Behandl. Empfehlungen  
WW = Wasserwechsel

Lh. = Leibeshöhle  
nmb. = nicht mehr beurteilbar  
MRZ = Makrophagenreaktionszentren

Was nicht ausdrücklich erwähnt wird, gilt als ohne besonderen Befund.



Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Parasitologie, Abteilung  
Fischkrankheiten und Fischhaltung, Bünteweg 17, 30559 Hannover

Institut für Parasitologie, Abteilung  
Fischkrankheiten und Fischhaltung

Alfred-Wegener-Institut  
Rajko Thiele  
Bussestraße 27  
27570 Bremerhaven

Leiter:  
apl. Prof. Dr. Dieter Steinhagen  
Bünteweg 17  
30559 Hannover

Tel. +49 511 953-8889  
Fax +49 511 953-8587  
fisch@tiho-hannover.de

Behandelnder Tierarzt:  
Felix Teitge

Befundnummer:  
1149-, 11511018

Datum  
Hannover, 17.10.2018

Sehr geehrter Herr Thiele,  
anbei die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen vom 08.10.2018:

**Gruppe A Organpool Edelkrebse TiHo.-Nr.: 11491018**

Befund	gering-gradig	mittel-gradig	hoch-gradig														
R=resistent S=sensibel I=intermediär				Trimethoprim	Sulfamethoxazol	Enrofloxacin	Neomycin	Oxytetracyclin	Erythromycin	Doxycyclin	Gentamicin	Ampicillin	Chlortetracyclin	Tylosin	Florfenicol	Kanamycin	Tulathromycin
<i>Bewegl. Aeromonaden</i>			X	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S	R	S	S	S
<i>Buttiauxella brennerae</i>			X	S	S	S	S	I	S	S	S	S	S	R	S	S	S

Auf Anacker-Ordal-Agar konnten bei 15°C Bebrütungstemperatur keine Flavobakterien nachgewiesen werden.

Bei den vorliegenden Keimen handelt es sich um ubiquitäre Bakterien, die an sich nicht pathogen sind, aber Probleme verursachen können, wenn sie sich durch ungünstige Umweltbedingungen überproportional vermehren. Solche Bedingungen können hohe Temperaturen, Parasitenbefall, Überbesatz, starke organische Belastung des Wassers durch starke Fütterung usw. sein.

**Gruppe B Organpool Edelkrebs TiHo.-Nr.: 11511018**

Auf Columbia-Schafblut-Agar konnten bei 15 und 25 °C Bebrütungstemperatur keine Keime nachgewiesen werden.

Befund	gering-gradig	mittel-gradig	hoch-gradig														
R=resistent S=sensibel I=intermediär				Trimethoprim	Sulfamethoxazol	Enrofloxacin	Neomycin	Oxytetracyclin	Erythromycin	Doxycyclin	Gentamicin	Ampicillin	Chlortetracyclin	Tylosin	Florfenicol	Kanamycin	Tulathromycin
<i>Flavobacterium hydati</i>		X		R	S	S	S	R	S	I	R	S	R	S	S	S	S

Bei *Flavobacterium hydati* handelt es sich um Bakterien, die Probleme verursachen können. Dies gilt insbesondere wenn sie sich durch ungünstige Umweltbedingungen überproportional vermehren.

Da beide Krebsgruppen klinisch unauffällig sind und keine Anzeichen bakterieller Infektionen zeigen, besteht zurzeit kein Handlungsbedarf. Die Befunde sind vorerst als Nebenbefund einzustufen. Im Falle, dass Symptome einer bakteriellen Infektion oder Verluste auftreten, sollte die Situation neu bewertet werden.

Für Rückfragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.  
Mit freundlichen Grüßen,

Felix Teitge  
(Tierarzt)

Abkürzungen

ohB = ohne besonderen Befund  
ggr. = geringgradig  
mgr. = mittelgradig  
hgr. = hochgradig

EZ = Ernährungszustand  
ZU = Zusatzuntersuchungen  
BE = Behandl. Empfehlungen  
WW = Wasserwechsel

Lh. = Leibeshöhle  
nmb. = nicht mehr beurteilbar  
MRZ = Makrophagenreaktionszentren