Mecklenburg Vorpommern

Landesforschungsanstalt
für Landwirtschaft und Fischerei

Abschlussbericht

Aufbau und Entwicklung einer Zanderaquakultur in Mecklenburg-Vorpommern 2012-2015

Forschungs-Nr.: **DRM 127**

Laufzeit: **01.11.2012 - 31.10.2015**

verantw. Themenbearbeiter: **Gregor Schmidt**

Versuchstechniker: **Klaus Kerschefski**
Robert Holtmann
Gerald Gallandt

Oktober 2015

_____
Themenbearbeiter

_____
Institutsleiter

Institut für Fischerei

Fischerweg 408
18069 Rostock
www.lfamv.de

GLIEDERUNG Seite

1 Zusammenfassung 2
2 Projektziel 3
3 Einleitung 3
3.1 Der Zander-Grundlagen 3
3.2 Marktlage 3
3.3 Zander in der Aquakultur 6
3.4 Pilotanlage Hohen Wangelin 7
4 Ergebnisse 2012 - 2015 10
4.1 Laichfischhaltung 10
4.2 Reproduktion 10
4.3 Erbrütung 14
4.4 Anfütterung 15
4.5 Aufzucht 20
4.6 Umstellung vorgestreckter Zander aus Teichwirtschaften 21
4.7 Überlebensraten 23
4.8 Fütterung 23
4.9 Sortierung 29
4.10 Beleuchtung 31
4.11 Produktqualität 44
4.12 Wassermanagement 64
4.13 Wasserqualität 69
4.14 Hygienemaßnahmen 71
4.15 Kontrolle der Fischgesundheit 72
4.16 Stressphysiologische Untersuchungen 73
4.17 Lebendtransport 84
4.18 Auswilderung 88
4.19 Betriebswirtschaft 89
4.20 Außenanlage 92
5 Ausblick 92
6 Literaturverzeichnis 93
7 Wissenstransfer 94

1 Zusammenfassung

Im Rahmen des Pilotprojektes wurden wesentliche Grundlagen für eine Übertragung von Ergebnissen experimenteller Untersuchungen in einen großtechnischen Maßstab geschaffen. Mit der Etablierung einer Methode zur saisonunabhängigen Reproduktion ist es zudem gelungen, eine wesentliche Versorgungslücke zu schließen. Damit können nun mehrmals im Jahr Satzzander erzeugt werden. Erst dies ermöglicht eine wirtschaftliche Produktion von Zandern in Kreislaufanlagen. Allerdings gibt es bei dieser Methode noch erheblichen Forschungsbedarf bezüglich Gonadenqualität und Erbrütungserfolg. Gleiches gilt für den Bereich der Anfütterung und Umstellung der Zander. Für die Aufzucht stehen mittlerweile mehrere geeignete Futtermitteltypen zu Verfügung, die eine sehr gute Futterverwertung garantieren. Mit diesen können innerhalb von 12 bis 15 Monaten Speisezander von 1 000 g erzeugt werden. Die Verluste belaufen sich während der Mastphase (10 bis 1 000 g) auf etwa 10 %. Die Ergebnisse der Untersuchungen zeugen zudem von einer hohen Produktqualität, insbesondere einem hohen Gehalt an n-3 Fettsäuren und ernährungsphysiologisch wertvollen Aminosäuren. Die Überprüfung des Wohlbefindens der Zander anhand von stressphysiologischer Untersuchungen unterstreicht die Sensibilität dieser Fischart gegenüber Wasserqualität, Hygiene und Handhabung. Jedoch zeigt sich auch, dass, eine gute Haltungsumwelt und stabile Bedingungen vorausgesetzt, das Wohlbefinden nicht von den Aufzuchtbedingungen beeinträchtigt wird. Die Sensibilität des Zanders gegenüber Umweltbedingungen und Handhabung bedingt einen hohen Grad der technischen Ausstattung. Dies hat einen erheblichen Mehraufwand bei Investitionen und Betriebsmitteln zur Folge. Die Produktionskosten für Speisezander belaufen sich auf etwa 5,9 €/kg, die Vollkostenanalyse ergibt einen Kilopreis von 9,7 €. Davon entfallen allein ca. 20 % auf Abschreibungen für Gebäude und Technik. Für einen zukünftigen wirtschaftlichen Erfolg der Zanderaquakultur in standortunabhängigen Systemen ist daher die Entwicklung von preisgünstigen Mastsystemen unumgänglich.



Abb. 1: Speisezander in der Pilotanlage Hohen Wangelin

2 Projektziel

Ziel des Pilotprojektes „Aufbau und Entwicklung einer Zanderaquakultur in Mecklenburg-Vorpommern 2012 - 2015“ war die Erarbeitung von Grundlagen für eine kommerzielle Zanderaquakultur und deren Umsetzung in einen großskaligen Maßstab am Standort Hohen Wangelin. Das optimierte Verfahren wird Investoren und Fischzüchtern in Mecklenburg Vorpommern zu Verfügung gestellt. Es beinhaltet sowohl die Fischzucht, inklusive Zuchtarbeit, Reproduktion und Satzfischerzeugung, als auch die Mast bis zu einer Speisefischgröße von bis zu zwei Kilogramm.

3 Einleitung

3.1 Der Zander-Grundlagen

Die Gattung *Sander* zählt zur Familie der echten Barsche (*Percidae*) und wird durch die europäischen Arten Zander (*Sander lucioperca*, Linnaeus 1758), Wolgazander (*Sander volgensis*, Gmelin 1789), Meerzander (*Sander marinus*, Cuvier 1828), sowie die amerikanischen Arten: Walleye (*Sander vitreus*, Mitchill 1818) und Sauger (*Sander canadensis*, Griffith & Smith 1834) vertreten (KOTTELAT 1997). Die Gattung ist ausschließlich über die nördliche Hemisphäre verbreitet. In Deutschland stellt die Elbe die westliche Grenze des natürlichen Verbreitungsgebietes des Zanders dar (WUNDSCH, 1973; STEFFENS, 1986), während er über Südnorwegen, Finnland bis nach Sibirien, dem Kaspischen Meer und gleichfalls im Donaugebiet, Norditalien bis auf den Balkan anzutreffen ist. Durch Besatzmaßnahmen besiedelte er Westeuropa, die westliche Türkei und Marokko (LAPPALAINEN ET AL, 2003).

3.2 Marktlage

Aufgrund seines weißfleischigen, fettarmen und grätenfreien Filets verfügt der Zander (*Sander lucioperca*) über eine hohe Marktakzeptanz in Deutschland. Allerdings kann der Bedarf durch die heimische Teichwirtschaft und Fischerei nicht einmal ansatzweise gedeckt werden (ca. 200 t). Zurzeit wird die Nachfrage des Speisefischmarktes nahezu ausschließlich durch Importe aus anderen europäischen Ländern gedeckt. Aus Finnland, Estland, Russland und vor allem Kasachstan wird tiefgefrorene Filetware nach Deutschland exportiert. Hierbei handelt es sich in der Regel um Wildfänge, die teilweise keinem nachvollziehbaren Fischereimanagement unterliegen und deren Produktqualität naturgemäß saisonale Schwankungen aufweist. BÖHM (2005) gibt den Importanteil mit bis zu 4 000 t an.

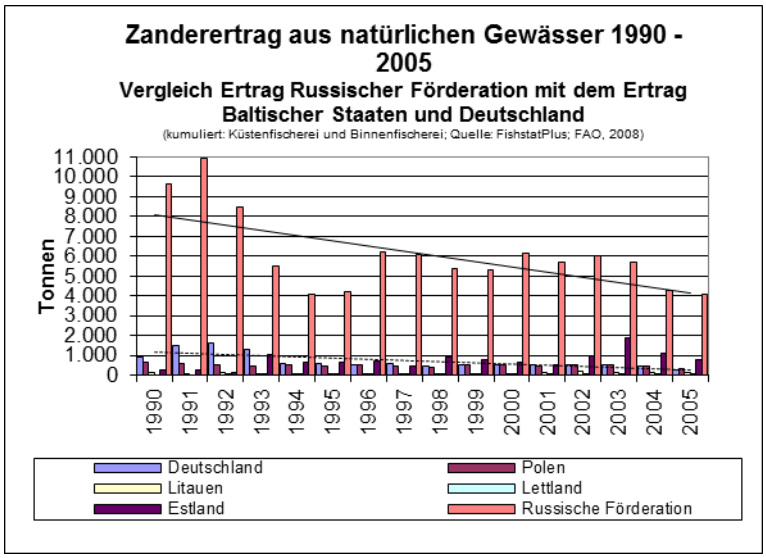


Abb. 2: Entwicklung der Zandererträge aus natürlichen Gewässern 1990 - 2005, Vergleich zwischen der Russichen Föderation, den Baltischen Staaten und Deutschland (FAO, FishstatPlus, 2008)

Abb. 2 zeigt die gemeldeten Zanderfänge aus natürlichen Gewässern der Russischen Föderation im Vergleich zu den Baltischen Staaten (FAO, 2008). Die Zandererträge sind hier kumuliert dargestellt (Küstenfischerei, europäische Binnenfischerei, mediterraner Bereich um das Schwarze Meer). Zu erkennen ist ein Rückgang der Fangmengen von einem Maximum im Jahre 1991 mit 10.923 t bis zum einem Minimum von 4.073 t im Jahre 2005. Es handelt sich in der Regel um Wildfänge, die im Falle von Russland und Kasachstan nicht immer einem nachvollziehbaren Fischereimanagement unterliegen. Wird Russland aus der Grafik ausgeschlossen, sind die Zandererträge der Baltischen Staaten im Vergleich zu Deutschland erkennbar (Abb. 3).

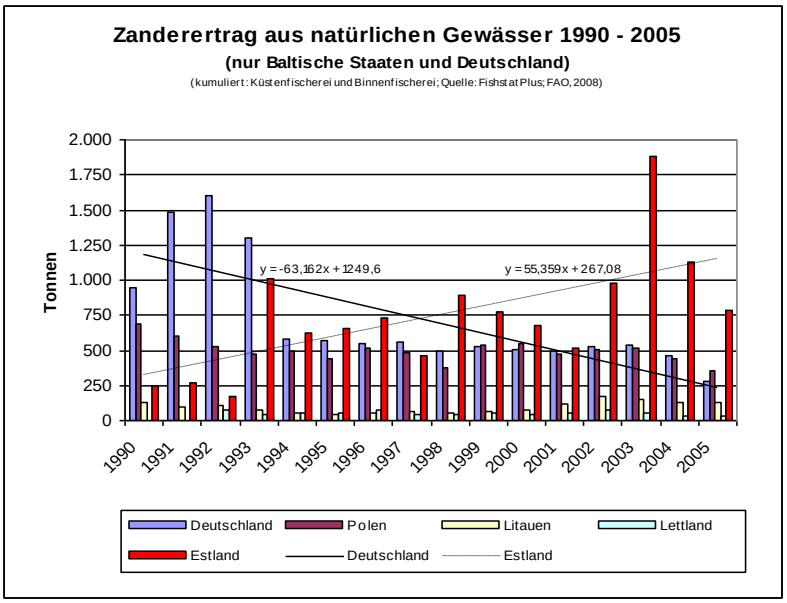


Abb. 3: Entwicklung der Zanderfänge aus natürlichen Gewässern, Baltische Staaten und Deutschland (FAO, FishstatPlus, 2008)

Für Deutschland ergibt sich ein Rückgang der Fangmengen von ca. 1.600 t im Jahre 1992 auf etwa 282 t im Jahre 2005. Ähnliche Rückgänge sind auch in den anderen europäischen Staaten zu beobachten. Die Gründe dafür sind vielfältiger Natur: Einerseits unterliegen einige Bestände Europas keinem nachhaltigen Bestandsmanagement, andererseits kommt es hierzulande infolge eines reduzierten Nährstoffeintrags in die Gewässer zu einem Rückgang der Populationen.

Der Markt wird demzufolge durch osteuropäische Frostware dominiert. Es handelt sich dabei überwiegend um Portionsfilets, deren Kilopreis bei Abgabe an den Endverbraucher zwischen 11 und 15 Euro liegt. Der Markt für frische Zander ist in Deutschland in zwei Segmente unterteilt. Einerseits gibt es den Speisefischmarkt, der frische Zander aus Teichen und natürlichen Gewässern ab 0,7 bis 3 kg nachfragt. Diese Nachfrage besteht das ganze Jahr über, wobei die Hauptnachfrage, neben den traditionellen Feiertagen, auf die Sommermonate beschränkt ist. Nicht zu unterschätzen ist aber auch der Lebendfischverkauf für den Besatz offener Gewässer. Die Nachfrage dieses Marktsegmentes ist allerdings regional unterschiedlich und auf die Vegetationsperiode beschränkt, mit Spitzen in den Monaten Mai/Juni und September/Oktober. Höchstpreise von bis zu 20 €/kg werden für fangfähige Satzfische gezahlt, wofür aber ein einwandfreies Exterieur und eine gute Fischkondition vonnöten sind. Deutlich geringere Preise werden beim Verkauf an den Großhandel erzielt (Tab. 1). Höhere Erlöse lassen sich durch die Verarbeitung und Veredelung erzielen: Der Preis für Zanderfilet ist regional sehr unterschiedlich; werden in Süddeutschland in Ausnahmefällen Höchstpreise von > 40 €/kg bezahlt, so liegt der Kilopreis bei der Direktvermarktung in Norddeutschland zumeist unter 30 €. Zander aus Kreislaufanlagen werden in allen Größen an andere Mastbetriebe abgegeben (Tab. 2).

Tab. 1: Absatzpreise frischer Zanderprodukte bei unterschiedlichen Vermarktungsformen

Absatz	**Zander (rund)**	**Filet**
	€ / kg	**€ / kg**
Direktvermarktung	10 - 18	17 - 35
Einzelhandel/Gastronomie	8 - 14	15 - 20
Zwischenhandel/Großhandel	8 - 11	-
Satzfisch (fangfähig)	14 - 20	-

Tab. 2: Nettopreise für Satz- und Speisezander aus KLA bei Abgabe an Mastbetriebe und den Zwischenhandel (2015)

Produkt	Einheit	Preis € (brutto)
Setzling (10g)	Stück	0,9 - 1,4
Satzfisch (50g)	Stück	1,8 - 2,0
Satzfisch (100g)	Stück	2,3 - 2,5
Satzfisch (150g)	Stück	2,8 - 3,2
Satzfisch (200g)	Stück	3,5 - 4,0
Satzfisch (500g)	Stück	6,0 - 6,5
Speisezander (800 - 1100g)	kg	8,5 - 12
Speisezander, Laichfisch (> 1200g)	kg	>12,0

3.3 Zander in der Aquakultur

Der Zander ist ein Nebenfisch der traditionellen Karpfenteichwirtschaft und wird seit über 100 Jahren in Mitteleuropa produziert. Durch seine obligate carnivore Ernährungsweise sind die erreichbaren Produktionsmengen in Teichen aber sehr gering. Als wärmeliebender Fisch werden für die Erzeugung eines Speisezanders in Teichen unter mitteleuropäischen Verhältnissen mindestens vier Jahre benötigt. Voraussetzung ist ein ausreichendes Aufkommen der Futterfische. Da diese Bedingungen in Mitteleuropa kaum gegeben sind, werden die Zander spätestens einjährig an Fischereivereine für Besatzmaßnahmen veräußert.

Demzufolge wird in den letzten Jahren zunehmend versucht, die Nachfrage durch eine standortunabhängige Produktion von Speisezandern zu bedienen. Dafür mussten zahlreiche Grundlagen des Aufzuchtmanagements erarbeitet werden (z.B. Barrows et al. 1993, Moore et al. 1994, Steffens et al 1997, Heidrich und Zienert 2005, Zakes 2007, Molnar et al. 2004, Ronyai 2007, Kestemont et al 2007, Fontaine et al. 2008, Kucharczyk et al. 2009).

Parallel wurden von Futtermittelindustrie und Forschung Futtermittel und -techniken entwickelt, die den physiologischen Ansprüchen von Zandern nahe kommen. Erst durch die Unabhängigkeit von Naturnahrung ist der Zander ein aussichtsreicher Kandidat für die intensive Aquakultur geworden. Heutzutage ist prinzipiell bereits die Anfütterung mit feinsten Trockenmischfuttermitteln möglich, jedoch sind die Verluste und der Anteil missgebildeter Larven trotz der verbesserten Futtermittelrezepturen weiterhin sehr hoch, und der Anfütterungserfolg kann so nicht sichergestellt werden. Aus diesem Grund ist die Anfütterung mit einer Lebendnahrung immer noch

notwendig, sollte aber aus Kostengründen soweit wie möglich substituiert werden (Schmidt und Kühn 2013).

Für die erfolgreiche Etablierung in der Intensiven Aquakultur ist die regelmäßige Verfügbarkeit von leistungsfähigen Satzfischen eine wichtige Voraussetzung. War es bis vor kurzem noch erforderlich, auf Laichfische aus Teichen oder natürlichen Gewässern während ihres natürlichen Reproduktionszyklus zurückzugreifen, ist mittlerweile die ganzjährige Haltung der Laichzander in einer künstlichen Haltungsumwelt möglich. Durch ein spezielles Licht- und Temperaturregime ist es zudem gelungen, eine Reproduktion außerhalb der natürlichen Laichzeit ohne hormonelle Behandlung zu induzieren. Damit kann sowohl die Laichreife von Wildzandern forciert als auch verzögert werden (Müller-Belecke und Zienert 2008), auch die ganzjährige standortunabhängige Reproduktion ist auf diese Weise möglich (Schmidt und Kühn 2014). Eine weitere erprobte Methode zur Erlangung von Satzfischen ist die Umstellung von in Teichen vorgestreckten Zandern auf die in den Anlagen vorherrschenden Bedingungen. Möglich ist dabei die sukzessive Umgewöhnung über eine Naturnahrung (z. B. Chironomiden) auf Trockenfutter (Baer et al. 2001, Zienert und Heidrich 2005) oder aber auch die *ad hoc* - Umstellung auf Trockenfutter (Schmidt und Wedekind 2006). Problematisch sind hierbei allerdings die einmalige Verfügbarkeit und der Hygienestatus dieser Tiere. Neben der Satzfischversorgung ist der ausgeprägte Kannibalismus des Zanders in frühen Lebensstadien ein weiteres Problem. Zur Reduzierung der Verluste durch Kannibalismus sind in den ersten Monaten frühzeitige und permanente Größensortierungen erforderlich. Erst ab einer Größe von zehn Gramm kann die Anzahl der Sortierungen verringert werden, und die Fische wachsen relativ gleichmäßig (Schmidt und Kühn 2014). Die Mastdauer bis zu einer Marktgröße von etwa einem Kilogramm geben Zienert und Heidrich (2005) mit 13 Monaten an, wobei eine Futterverwertung nahe 1,0 erreicht werden kann.

3.4 Pilotanlage Hohen Wangelin

Das Pilotprojekt zur Entwicklung einer Zanderaquakultur in Mecklenburg-Vorpommern startete im Jahr 2009 mit kleinskaligen Untersuchungen zur Reproduktion, Erbrütung und Anfütterung der Larven und Aufzuchtversuchen mit juvenilen Zandern. Zeitgleich erfolgte die Projektierung und Entwicklung einer Kreislaufanlage, die Mitte 2011 auf dem Gelände eines Agrarunternehmens im Landkreis Mecklenburgische Seenplatte fertig gestellt wurde. Gefördert wird das Projekt aus Mitteln des Europäischen Fischereifonds (EFF) und des Landes Mecklenburg-Vorpommern. Die Pilotanlage ist Bestandteil eines nachhaltigen Produktionskonzepts, in dem das Wasser für verschiedene Produktionsformen wieder verwendet wird. So wird das Brunnenwasser erst in einer Kaltwasserkreislaufanlage zur Salmonidenproduktion herangezogen, bevor

es nach einer Ozon-Desinfektion und Erwärmung für die Zanderaufzucht genutzt wird. Das Ablaufwasser wird über Absetzbecken geleitet und in einer Pflanzenkläranlage biologisch gereinigt, bevor es letztendlich extensiv bewirtschaftete Krebsteiche (Edelkrebs, *Astacus astacus*) speist.

In der zweigeteilten Halle sind elf separate Kreislaufsysteme installiert, die insgesamt über ein Wasservolumen von ca. 390 m^3 verfügen (Abb. 4). Davon kann ein Haltungsvolumen von etwa 200 m^3 für die Produktion genutzt werden (Tab. 3). Drei Kühlzellen wurden mit Kreislaufsystemen ausgestattet. In ihnen werden verschiedene Jahreszeiten simuliert, um die Zander außersaisonal zu reproduzieren. Jeder Reproduktionskreislauf besteht aus zwei Rundbecken für die Haltung der Tiere und vier Anpaarungsbecken, in denen die laichbereiten Zander ihrem Laichgeschäft nachgehen können. Die Eiabgabe erfolgt natürlich auf Substrat und ohne vorherigen Einsatz von Hormonen. Das Gelege wird in einen Erbrütungskreislauf überführt, in dem nach etwa 90 TG die Larven schlüpfen. Die Anfütterung erfolgt im Anfütterungsmodul mit Lebendnahrung, später wird mit der Zufütterung von Trockenmischfuttermitteln begonnen. Während der weiteren Aufzucht werden die Zander zuerst in Vorstreck-, und Aufzuchtmodulen gehalten, bevor sie in Mastanlagen bis zur Speisefischgröße aufgezogen werden. Nachwuchslaicher und Laichfische von vier Herkünften werden bei geringer Besatzdichte in einem eigenen Kreislauf auf die Reproduktion vorbereitet. Alle Kreisläufe sind den physiologischen Ansprüchen des Zanders entsprechend ausgestattet und an die Wachstumskriterien vom Ei bis zu einer Größe von bis zu 2 kg angepasst. Hierbei wird auf die Einhaltung der optimalen Haltungsparameter für jede Produktionsphase in den autarken Warmwasserkreisläufen geachtet. Sämtliche Kreislaufsysteme sind mit einer eigenen mechanischen Wasserreinigung (Trommelsiebfilter), einer biologischen Wasseraufbereitung (Bewegtbett-Filter) und einer Wasserentkeimung (UV) ausgestattet. Darüber hinaus verfügen die beiden Mastmodule über Denitrifikationsreaktoren, durch die weitere wesentliche Wassereinsparungen möglich sind (> 50 %). Die Becken verfügen über eigene Fütterungs- und Sauerstoffanreicherungssysteme. Alle Becken, sowie Pumpen, Gebläse, UV-Anlagen, pH- und Drucksonden sind an ein computergestütztes Steuerungs- und Meldesystem angeschlossen.

Tab. 3: Kreislaufsysteme der Pilotanlage

Bezeichnung	**Anzahl**	**Haltungsvolumen (m^3)**	**Haltungsvolumen** gesamt **(m^3)**	**Becken (n)**
Winterung	3	6	18	18
Erbrütung	1	1,5	1,5	6
Anfütterung	1	4	4	8
Vorstrecken	2	6,5	13	8
Aufzucht	1	36	36	12
Mast	2	50	100	20
Laichfischhaltung	1	36	36	12
GESAMT	**11**		**208,5**	**84**

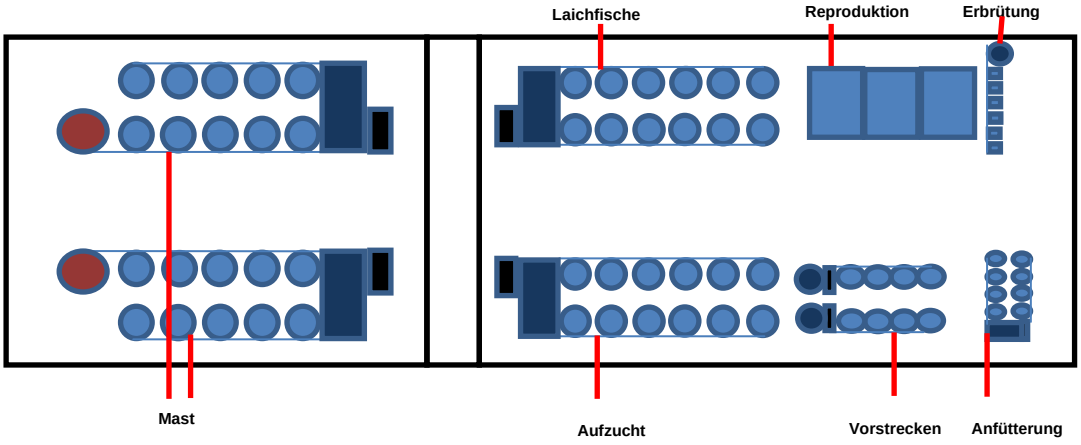


Abb. 4: Grundriss der Pilotanlage Hohen Wangelin mit den verschiedenen Produktionsstufen

4 Ergebnisse 2012 - 2015

4.1 Laichfischhaltung

Die mehrmalige außersaisonale Vermehrung erfordert die regenerierende Vorratshaltung einer ausreichenden Anzahl von Laichfischen. Diese werden bei Haltungsdichten von 30 kg/m^3 auf ihren Einsatz in den Kühlzellen vorbereitet. Nach der Reproduktion werden die Laichfische über ein halbes Jahr rekonditioniert, bevor sie abermals zur Vermehrung herangezogen werden können. Deshalb wurde für die Vor- und Nachbereitung der Laichzander ein Aufzuchtkreislauf umgewidmet (12 Becken á 2,7 m^3 Haltungsvolumen). Für die Zucht stehen Laichfische von vier verschiedenen Herkünften zu Verfügung (Bodden, Müritz, Sachsen und Potsdam). Jeder Laichfischstamm besteht aus mindestens 50 Tieren. Die Laichfische werden nach Herkünften getrennt gehalten und vermehrt. Darüber hinaus werden von jedem Stamm mindestens 100 Tiere als Nachwuchslaicher zurückgehalten. Die Fische werden frühestens mit Abschluss ihres zweiten Lebensjahrs zur Reproduktion herangezogen. Eine Geschlechtserkennung ist außerhalb des Reproduktionszeitraums nur schwer möglich, erst während der Winterung werden äußere Geschlechtsmerkmale deutlich sichtbar. Daher empfiehlt es sich, verschiedene Größen zu besetzen. Die Milchner sind in der Regel bezüglich der Wachstumsleistung den Weibchen deutlich unterlegen.

4.2 Reproduktion

In den ersten beiden Projektjahren erfolgte die Reproduktion mit befruchteten Zandereiern, die in Kooperation mit Fischereibetrieben gewonnen wurden. Diese standen allerdings nur einmal im Jahr zwischen Mai und Juni zu Verfügung. Dies führte zu einer suboptimalen Auslastung der verschiedenen Kreislaufsysteme. Seit 2014 erfolgt die außersaisonale Reproduktion in drei Kühlzellen (Abb. 5). Die Zellen wurden mit drei autarken Kreisläufen ausgestattet, die über zwei Silos zur Haltung und vier Rechteckbecken zur Anpaarung der Laichfische verfügen (Abb. 6). Aufgrund der geringen Frachten an filtrierbaren Stoffen erfolgt die mechanische Reinigung des Wassers über einen Mattenfilter. Anschließend wird das Wasser in einem Tropfkörper verrieselt und biologisch gereinigt (Abb. 7), bevor es mittels UV-Bestrahlung desinfiziert und mit Sauerstoff angereichert zurück in die Becken geleitet wird. Die Kühlung erfolgt einerseits mittels Raumluftkühlung, zusätzlich stehen leistungsstarke Systeme zur direkten Wasserkühlung bereit. Ende Februar 2014 wurden die Silos erstmals mit jeweils 30 zwei- bis dreijährigen Laichfischen zweierlei Herkunft besetzt (Potsdam, Müritz). Von einer gleichzeitigen Vermehrung mehrerer Herkünfte wird aber seitdem abgesehen, da eine herkunftsgetrennte Aufzucht in dem Anfütterungsmodul nicht gewährleistet werden kann. Anschließend wurden Reproduktionen an folgenden Terminen durchgeführt: November 2014, Dezember 2014, März 2015, Juni 2015, August 2015. Für jeden Termin standen ca. 45 Laichfische zu Verfügung. Die Fische wurden

über einen Zeitraum von 14 Tagen an die neuen Umweltbedingungen gewöhnt. Dann wurde die Wassertemperatur innerhalb von 10 Wochen von 22 °C auf 8 °C reduziert. Gleichzeitig wurde die Tageslänge von 15 Stunden auf 6 Stunden verringert. Danach erfolgte die eigentliche „Winterung“ bei 8 °C. Nach 7 Wochen wurde mit einer langsamen Erwärmung des Wassers begonnen, bis eine Wassertemperatur von 14 °C erreicht wurde (1,5 °C / Woche). Gleichzeitig wurde die Beleuchtungsdauer sukzessiv auf 14 Stunden erhöht. Bei > 90 % der Weibchen konnte eine Gonadenreifung nachgewiesen werden, und die Geschlechtsreife war nun bei den meisten Tieren äußerlich deutlich sichtbar. Kurz vor der Eiabgabe (Reifestadium 3) wurden die Zander paarweise in die Laichbecken umgesetzt. Dabei konnten auch mehrere Laichpaare in ein Becken gesetzt werden, sofern ein ausreichender Individualabstand gewährleistet wurde. Jedem Laichpaar wurde ein Laichsubstrat zu Verfügung gestellt. Dafür bewährten sich Ablaichbürsten und Kokosfußmatten. Bei der Auswahl des Substrats war zu beachten, dass die Eier später im Erbrütungssystem gut umspült wurden. Ausserdem durften die Eier nicht in direkten Kontakt mit verzinkten Metalldrähten gelangen, da sie ansonsten abstarben und andere Eier beeinträchtigten. Auch wurde unbelegtes Substrat regelmäßig ausgetauscht, gereinigt und getrocknet, um eine Besiedelung von Keimen zu verhindern. Die Milchner besetzten das Laichsubstrat, reinigten es und verteidigten ihr Revier gegenüber Eindringlingen. Erst kurz vor dem Beginn des Laichspiels gesellten sich die Rogener dazu. Nach dem Ablaichen wurde das Nest entnommen und in das Erbrütungssystem überführt. Eine andere Methode war, die Tiere auf dem Beckenboden ablaichen zu lassen. Nach der Eiablage wurden die Laichfische vorsichtig aus dem Becken entfernt. Anschließend wurden die Eier abgeschöpft und in Zugergläser überführt. Ein Entkleben der Eier war in diesem Fall nicht möglich. Die Eier sollten nicht im Zugerglas wallen, sondern nur gut angeströmt werden. Allerdings ist diese Methode durch hohe Eiverluste durch Verpilzung gekennzeichnet.

Als dritte Methode können die Laichfische auch abgestreift werden. Diese Methode wurde allerdings nicht eingehender verfolgt, da dafür eine Injektion von Hormonen in die Leibeshöhle erforderlich wäre (Hypophysen, synthetische Produkte). In diesem Fall werden die Zander betäubt und vorsichtig mit einem Tuch abgetrocknet, damit kein Wasser an Eier oder Sperma gelangen kann. Zuerst wird das Sperma vom Männchen durch beidseitigen Druck auf den Bauch an der Geschlechtsöffnung gewonnen und gekühlt aufbewahrt. Das Abstreifen der Weibchen beginnt mit beidseitigem Druck auf den Bauch kurz vor der Geschlechtsöffnung. Anschließend werden die Eier immer wieder ein Stück weiter von vorne nach hinten heraus massiert. Nachdem sie in einer Schüssel aufgefangen wurden, wird das Sperma hinzugegeben und vorsichtig untergemischt. Dazu werden je Kilogramm Rogen 100 ml Wasser gegeben. Alternativ dazu kann eine Befruchtungslösung eingesetzt werden, die die Spermienaktivität fördert. Sie setzt sich aus 1

Liter Wasser, 4g Kochsalz und 3g Harnstoff zusammen. Mit der Zugabe des Wassers oder der Befruchtungslösung müssen die Eier permanent vorsichtig durchgerührt werden, so dass sie nicht verkleben. Nach etwa 10 Minuten wird die Flüssigkeit erstmals dekantiert und durch neue ersetzt. Dieses „Waschen“ der Eier erfolgt bis zum Ende des Quellvorgangs nach etwa einer Stunde einige Male. Ist der Quellvorgang abgeschlossen, können die Eier vor dem Umfüllen in Zugergläser entklebt werden. Dazu wird Tannin verwendet. Für die Stammlösung werden 0,5g Tannin in einem Liter Wasser gelöst. Je Kilogramm Eimasse werden 50ml dieser Lösung hinzugefügt. Nur wenige Sekunden wird kräftig umgerührt, dann wird Wasser beigemengt. Danach wird das Wasser noch zweimal dekantiert und durch frisches Wasser ersetzt. Dieser Vorgang erfolgt ein zweites Mal, nur dieses Mal mit einer etwas geringeren Tannin Dosierung. Nachdem die Eier gründlich gespült wurden, werden sie in die Erbrütungsgläser gefüllt. Diese Methode wurde allerdings nicht eingehender verfolgt, da dafür eine Injektion von Hormonen in die Leibeshöhle erforderlich wäre (Hypophysen, synthetische Produkte).

Unabhängig von der Methode ergaben sich allerdings noch gravierende Mängel bezüglich der Ei – und Spermaqualität. Insbesondere die Induzierung der Geschlechtsreife bei den Milchnern erscheint bisher problematisch. Trotz ausreichender Anzahl wurden regelmäßig nur wenige Exemplare gefunden werden, die über eine ausreichende Spermamenge und -qualität verfügten. Aus diesem Grund wurden die Milchner teilweise mehrfach zur Reproduktion herangezogen. Dennoch waren etwa 75 % der Gelege nicht oder nur gering befruchtet. Die Verbesserung der Gonadenqualität und der Befruchtungsrate stellt somit ein elementares Ziel zukünftiger Forschungsaktivitäten dar. Dabei sollen der Einfluss des Futtermittels und verschiedener Umweltparameter auf den Reproduktionserfolg überprüft werden. Ein weiterer Forschungsansatz ist eine verbesserte Synchronisation der Gonadenreifung der beiden Geschlechter. Ein besonderes Augenmerk liegt hierbei auf der Modifikation der Dauer der Winterungen.





Abb. 5: Außenansicht der Kühlzellen in der Pilotanlage

Abb. 6: Innenansicht der Kühlzelle mit Silos (links), UV- Anlage (Mitte) und Anpaarungsbecken (rechts)



Abb. 7: Anpaarungsbecken (links); Tropfkörper mit Pumpensumpf (rechts)

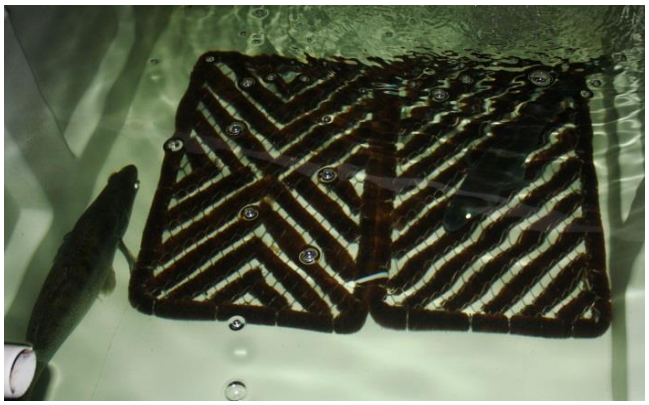


Abb. 8: Laichpaar in Anpaarungsbecken

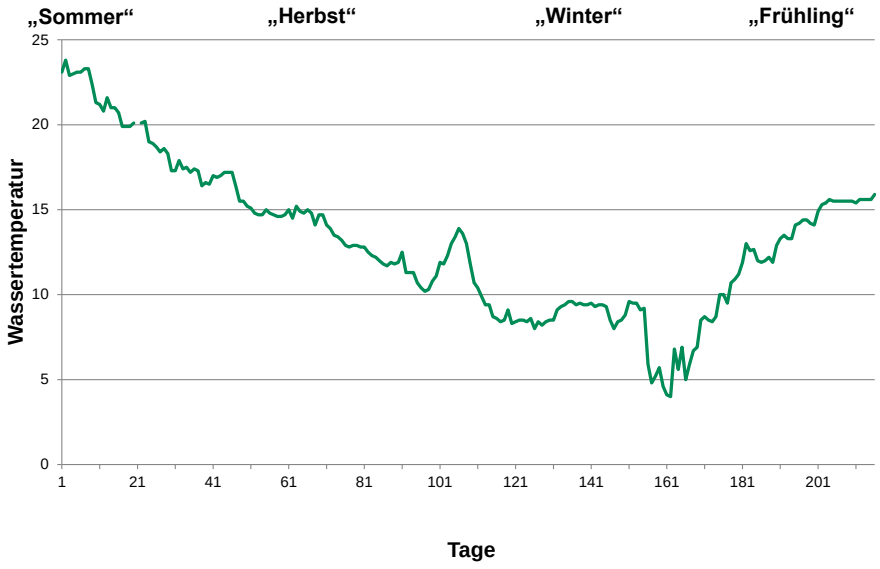


Abb. 9: Temperaturverlauf bei der künstlichen Reproduktion (Beispiel)

4.3 Erbrütung

Die Erbrütung erfolgt überwiegend auf Substrat (Abb. 11). Nach dem Laichprozess werden die Elterntiere aus dem Becken entfernt, das Nest aber noch mindestens 12 Stunden ruhen gelassen. Erst dann wird es in den Erbrütungskreislauf überführt (Abb. 10). Der Kreislauf ist mit Kühlaggregaten ausgestattet, die ein Temperaturspektrum von 10 bis 25 °C ermöglichen. Zur Reduzierung der Keimzahlen wird das Wasser über eine UV-Anlage geleitet. Im Vergleich mit Wildfischlaich gestaltet sich die Erbrütung der außersaisonal erzeugten Gelege als schwierig. Neben der geringeren Befruchtungsrate ist eine deutliche höhere Sterblichkeit der Eier festzustellen. Die Anzahl der Tagesgrade bis zum Schlupf variiert stark, teilweise kommt es schon nach 50 °TG zum Schlupf (zum Vergleich Wildfische: 70 bis 100 °TG).

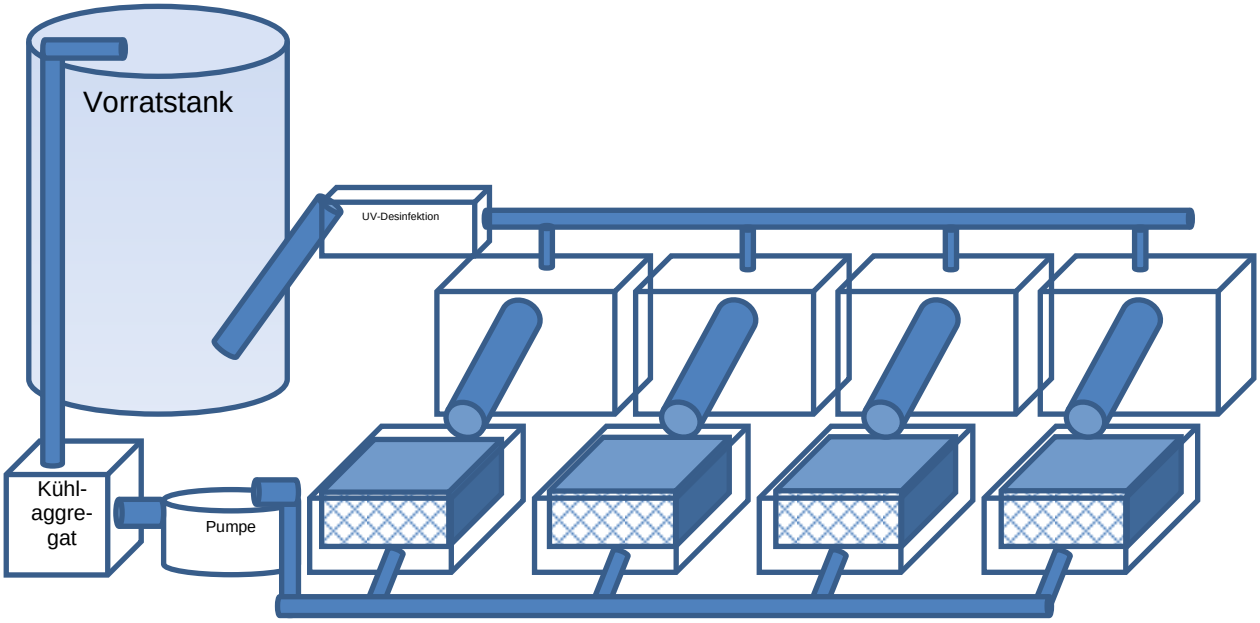


Abb. 10: Erbrütungskreislauf mit Auffangvorrichtung für die Larven

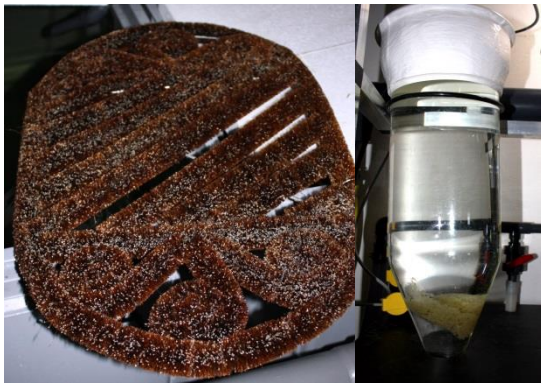


Abb. 11: belegtes Zandernest (links) und Zugerglas mit Gelege (rechts)

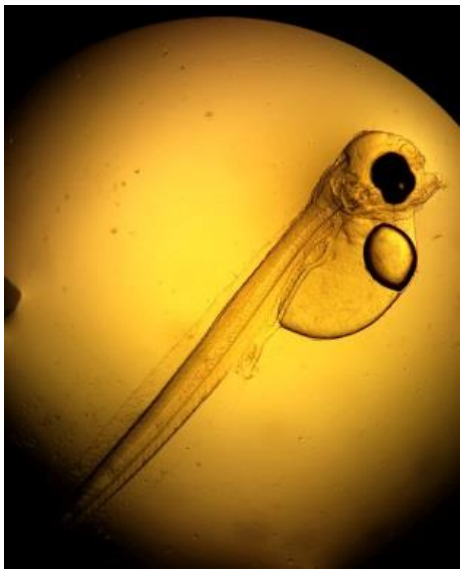


Abb. 12: frisch geschlüpfte Zanderlarve

4.4 Anfütterung

Unabhängig von der Herkunft der Zander oder der Haltungsumwelt wurde ein sehr hoher Anteil deformierter Larven festgestellt. Hauptsächlich war die Wirbelsäule davon betroffen. Vermutet werden sowohl ein Zusammenhang mit der Eiqualität, als auch Probleme bei der Ontogenese der Zanderlarven. Hier bedarf es verstärkter Forschungsarbeit in den nächsten Jahren.

Larven tolerieren nur geringe Gehalte an im Wasser gelösten Stickstoffverbindungen und reagieren äußerst empfindlich auf eine ungenügende Wasserqualität. Daher findet die Aufzucht in einem separaten Kreislauf statt. Dieses muss über ein leistungsstarkes Filtersystem verfügen, da das Prozesswasser bei der Anfütterung stark belastet wird. Die Beckengröße sollte so bemessen sein, dass Reinigungsarbeiten möglich sind. Bewährt haben sich Becken oder Silos mit einem Volumen von 0,5-2m^3. Es ist darauf zu achten, dass ein Abschwimmen der Larven nicht möglich ist. Dafür sollten die Beckenabläufe mit einer 200 µm-Gaze gesichert sein. Die Besatzdichte sollte 50 000 bis 80 000 Larven/m^3 nicht überschreiten. Des Weiteren müssen die Larven mit ausreichend Sauerstoff versorgt werden. In den Becken sollte die Sauerstoffkonzentration jederzeit mindestens 8 mg/l betragen. Optimalerweise wird das Wasser ausserhalb der Becken angereichert. Andernfalls kann es dazu kommen, dass die Zanderlarven die kleinen Sauerstoffbläschen aufnehmen und daran verenden. Ausserdem kann es durch die Strömung der Sauerstoffblasen zur Verdriftung der Larven kommen. Nach dem Besatz der frisch geschlüpften Brut vergehen bei einer Wassertemperatur von 18°C etwa drei bis vier Tage, bis die Larven mit der Nahrungsaufnahme beginnen. In dieser Zeit sollte die Beleuchtung auf wenige Lux reduziert werden. Störungen und zu starke Strömung im Becken sind zu vermeiden.

Obwohl sich in den letzten Jahren die Textur und Akzeptanz von Starter-Trockenfuttermitteln verbessert hat, ist der Erfolg bei der Anfütterung von Zanderbrut nicht ausreichend gegeben. Für die Anfütterung der Larven ist eine Lebendnahrung notwendig. Mittlerweile werden verschiedene Verfahren zur Herstellung von Lebendnahrung erprobt, als praxistauglich hat sich jedoch bisher nur die Fütterung mit *Artemia*-Nauplien erwiesen. Die Dauereier sind in ausreichenden Mengen und guter Qualität erhältlich, und die Erbrütung ist relativ unkompliziert und sicher. Für die Zanderanfütterung müssen möglichst kleine Nauplien gefüttert werden. Dafür werden je Liter Wasservolumen 2 - 4g Artemia-Zysten bei 26 - 28°C in belüftetem Salzwasser (3,5%, pH 7 - 8) erbrütet. Dafür eignen sich zylinderförmige Gefäße oder Zugergläser, die von unten belüftet werden. In ihnen schlüpfen die Nauplien nach 24 - 28 Stunden. Etwa 10 Minuten vor der Ernte wird die Belüftung ausgeschaltet. Während sich die Nauplien über dem Boden sammeln, lagern sich die Eischalen an der Wasseroberfläche ab. Dagegen sinken die übrig gebliebenen Eier auf den Behälterboden. Vor der Fütterung müssen die Nauplien von den ungeschlüpften Eiern und den Schalen getrennt werden. Diese werden zwar von der Brut aufgenommen, können aber nicht verdaut oder ausgeschieden werden. Die Folge ist der Verlust der Larve. Die frisch geschlüpften Nauplien reagieren phototaktisch positiv, dies kann man sich bei der Trennung von Nauplien und Eiern zunutze machen. Die Nauplien werden mit einer Lichtquelle über dem Boden des Inkubators konzentriert, dann abgelassen und in ein Gazenetz (100-150 µm) geleitet. Das Wasser aus den Inkubatoren darf keinesfalls in die Larvenbecken gelangen, da es durch den Schlupfprozess stark kontaminiert ist. Daher werden die Nauplien im Netz gründlich mit lauwarmem Wasser gespült, bevor sie in die Larvenbecken gegeben werden. Die aufwändige Trennung von Nauplie und Eischale kann ausgespart werden, wenn man die Eier zuvor mit Natriumhypochlorid dekapsuliert. Dabei werden die Eier erst in Salzwasser für zwei Stunden zum Quellen gegeben, bevor eine Natriumhypochloridlösung ergänzt wird. Dadurch löst sich die äußere (harte) Eischale auf. Sichtbar wird dies durch die Farbänderung der Zysten von braun, über grau und weiß bis zu einer orangen Färbung. Der Vorgang dauert ungefähr 10 bis 15 Minuten. Die dekapsulierten Zysten werden dann gründlich gewaschen und anschließend wie bereits oben beschrieben erbrütet. Durch die Dekapsulierung verringert sich die Inkubationsdauer auf 18 Stunden.

Der Vergleich einer Anfütterung in beleuchteten und abgedunkelten Becken ergab eine wesentlich bessere Futteraufnahme bei Beleuchtung. Die Larven konnten die Artemia-Nauplien wesentlich leichter erkennen und aufnehmen. Dem zur Folge waren ein deutlich besseres Wachstum und eine höhere Überlebensrate in den beleuchteten Becken erkennbar. Ausreichend ist eine Beleuchtung direkt über der Wasseroberfläche von ca. 20 bis 100 Lux. Bei der Anfütterung mit Lebendnahrung hat sich die restriktive Bereitstellung von Nährtieren bewährt. Damit können Futterverluste reduziert werden. Allerdings ist auf eine gute Verteilung der Nährtiere zu achten,

da die Zanderlarven die Beute einzeln fixieren müssen. Dichte Futterwolken sind zu vermeiden. Leicht erkennbar ist die erfolgreiche Anfütterung an der leuchtend orangene Farbe des Magen-Darm Traktes der ansonsten fast durchsichtigen Larve. Natürlich stellt dieses Verfahren hohe Ansprüche an die Leistung der mechanischen und biologischen Reinigungsstufen. Besonders in den ersten Tagen der Anfütterung wird längst nicht alles Futter aufgenommen und belastet das System. Der Beckenboden muss täglich von Futteresten und Faeces gereinigt werden. Ansonsten bildet sich ein Biorasen, in dem sich die Larven verfangen und verenden. Die sukzessive Umstellung auf Trockenmischfuttermittel beginnt am vierten Tag nach der Anfütterung. Dabei empfehlen sich insbesondere langsam absinkende Starterfuttermittel mit einem Durchmesser von 200 µm. Wichtig ist, dass das Futter möglichst lange im Wasserkörper schwebt, da die Brut in den ersten Tagen weder vom Boden noch von der Wasseroberfläche Nahrung aufnimmt. Problematisch ist bisweilen die Verabreichung der Futtermittel. Die *Artemia*-Nauplien sollten möglichst zeitnah nach ihrem Schlupf verfüttert werden. Ein langes Aufbewahren ist nicht zu empfehlen. Zur Anwendung kommen Dosier-Schlauchpumpen, die die Nauplien aus einem zentralen Vorratstank in die Larvenbecken befördern. Der Vorratstank muss mehrmals täglich mit frischen Nauplien besetzt werden. Für die Fütterung der feinen Staubfuttermiitel stehen unterschiedliche Techniken zu Verfügung. Bewährt haben sich Uhrwerkbandfutterautomaten, wobei es unter Umständen in Räumen mit erhöhter Luftfeuchtigkeit zum Verkleben der kleinen Futterpartikel kommen kann. In diesem Fall sind moderne Staubfutter-Automaten mit geschlossenem Vorratsbehälter besser geeignet. Die Fütterung erfolgt portionsweise in einer hohen Frequenz.



Abb. 13: Inkubatoren für Lebendnahrung



Abb. 14: Am Inkubatorboden konzentrierte Artemia-Nauplien



Abb. 15 : Umstellung von Zanderbrut auf Trockenfutter

Noch vor der Umstellung auf Trockenfutter, etwa ab dem fünften Tag nach Fütterungsbeginn (8 Tage nach Schlupf), beginnen die Larven ihre Schwimmblasen zu füllen. Dieser Erfolg ist von entscheidender Wichtigkeit für die spätere Aufzucht. Als Physoklisten verfügen die Zanderlarven nur im Larvalstadium über eine Verbindung zwischen Schwimmblase und Magen-Darm Trakt. Diese Verbindung bildet sich nach wenigen Tagen wieder zurück (in Abhängigkeit von der Wassertemperatur ca. 18 Tage nach Schlupf). Um ihre Schwimmblase erstmalig zu füllen, müssen die Larven die Wasseroberfläche durchbrechen und Luft in die Schwimmblase pressen.

Gelingt dies nicht, bilden die Fische keine Schwimmblase aus, weisen häufig Wirbelsäulendeformationen auf und scheiden für die weitere Produktion aus. Deshalb darf man in der Zeit der Schwimmblasenfüllung keine Ölfilme („Kamhaut“) auf der Wasseroberfläche zulassen. Bewährt haben sich Oberflächenabflüsse, kombiniert mit der Besprühung der Oberfläche mit feinen Wasserstrahlen. Ein weiterer positiver Effekt der Oberflächenbesprühung ist, dass das Staubfuttermittel die Oberfläche durchbrechen kann und durch die Strömung optimal im Becken verteilt wird. Allerdings darf der Wasserstrahl nicht so stark eingestellt werden, dass Larven verletzt werden. Die Umstellung sollte frühestens 14 Tage nach dem Schlupf beginnen und nach etwa einer Woche abgeschlossen sein (Abb. 16). In dieser Zeit erfolgt auch die Entwicklung der Larve zum Jungfisch mit einem Stückgewicht von 0,1 g. Spätestens zu dieser Zeit sollten die Fische zum ersten Mal sortiert werden, da es sonst zu starkem Kannibalismus kommt. Die umgestellten Zander werden größensortiert bei einer Besatzdichte von 1 bis 2 kg/m^3 in die Becken gesetzt, wo sie innerhalb von drei Wochen auf ein Stückgewicht von 1 g anwachsen. Sie müssen in dieser Zeit mindestens alle fünf Tage sortiert werden, häufig sogar in drei Größenklassen. Anschließend werden die Zander bis zu einem mittleren Gewicht von 20 g bei jeder Gewichtsverdopplung sortiert. Somit beläuft sich die Anzahl der Sortierungen bis zum fertigen Satzfisch auf 5 bis 8. Die Futtermittel und die Fütterungsintensität werden dem Größenwachstum ständig angepasst.

Tab. 4: Besatzdichten, Partikelgrößen und Fütterungsintensität der verschiedenen Alterstadien während der frühen Aufzucht

Gewicht (g)	Alter (Wochen)	Partikelgröße (mm)	Fütterungsintensität (%/d)	max. Besatzdichte (kg/m^3)
0,1 - 1	3 - 6	0,3 - 0,8	10 - 5	< 3
1 - 5	6 - 10	0,8 - 1,5	5 - 3	10
5 - 20	10 - 18	1,5 - 2	3 - 2	< 30

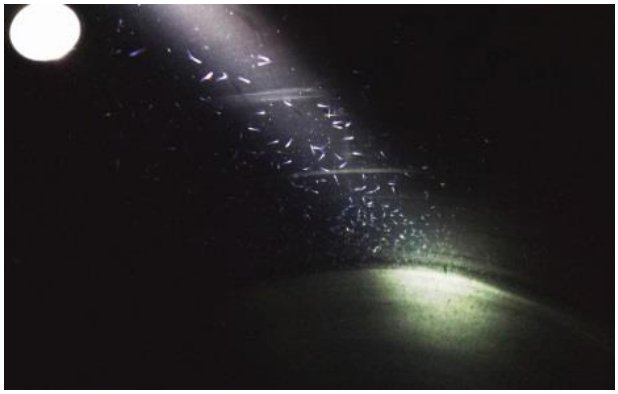


Abb. 16: angefütterte Zanderlarven während der Umstellung auf Trockenfutter

4.5 Aufzucht

Im Vergleich zur frühen Aufzuchtphase ist die weitere Aufzucht unproblematischer. Die Fische werden bis zu einem Stückgewicht von 50 g bei maximalen Haltungsdichten von 30 kg/m^3 aufgezogen. Danach kann die Besatzdichte auf bis über 80 kg/m^3 in der Mastphase gesteigert werden. Zwölf Monate nach Aufzuchtbeginn hat der Zander eine marktfähige Speisfischgröße von 1kg erreicht. Für diesen Zeitraum belaufen sich die Verluste auf etwa 15 %. Für die weitere Mast muss die Besatzdichte auf maximal 70 kg/m^3 reduziert werden. Allerdings verringert sich dabei das Wachstumspotential deutlich, und bis zu einem Stückgewicht von > 1,5 kg werden weitere 12 Monate benötigt. Die Verluste steigen im zweiten Aufzuchtjahr leicht auf 18-20 % an.

Tab. 5: maximale Besatzdichten während der Aufzucht

Stadium	**Masse (g)**	**Besatzdichte (kg/m^3)**
Anfütterung	0,0005	1- 2
Umstellung	0,003	2-4
Vorstreckphase	bis 1 g	5
Aufzuchtphase I	bis 10 g	10-15
Aufzuchtphase II	bis 50 g	30
Aufzuchtphase III	bis 300 g	50-70
Mastphase I	bis 1.000 g	> 80
Mastphase II	bis 2.000 g	60-70



Abb. 17: Kreislaufsystem zur Zandermast

4.6 Umstellung vorgestreckter Zander aus Teichwirtschaften

Die Haltung der Laichfische, die Reproduktion, vor allem die Anfütterung sind kostspielige Verfahren und erfordern einen hohen Arbeitsaufwand. Eine preisgünstige Alternative dazu kann die Umstellung von Teichzandern sein. Dabei muss aber dringend darauf verwiesen werden, dass Teichfische in der Regel Träger von Krankheitserregern sind, die in der freien Natur den Fischen kaum Probleme bereiten. In Kreislaufanlagen, in denen die Fische dichter gehalten werden als in Teichen, können sich Parasiten rasch verbreiten. Dazu kommt, dass die Zander durch den Transport, die unbekannte Umwelt und die neue Nahrung kurzzeitig an Kondition verlieren und so empfänglicher für Krankheiten sind. Dadurch kann es zu hohen Verlusten bis zu Totalausfällen kommen. Insofern sind die Setzlinge unbedingt in gesonderten Systemen umzustellen und sollten auch nach der Umstellung noch einige Wochen von den anderen Tieren getrennt gehalten werden. Erst nach gründlicher Untersuchung und sollte der Bestand in die übrige Produktion integriert werden.

Obwohl sich auch ältere Tiere auf Trockenfutter und die intensiven Aufzuchtbedingungen umstellen lassen, gelingt dies besonders gut mit vorgestreckten Teichzandern. Diese werden im Juni/Juli mit ca. 0,5 - 2 g Stückgewicht abgefischt und können von Teichwirtschaften in großen Mengen bezogen werden. Die Kosten liegen bei 80 bis 150 € je 1000 Stück. Vor der Hereinnahme in die Anlage werden die Setzlinge im Transportcontainer an das Anlagenwasser gewöhnt. Im Anschluss werden sie ohne das Transportwasser in die Becken gesetzt. Die Besatz-

dichte sollte so gewählt sein, dass die Fische einen Schwarm bilden können, der das gesamte Becken ausfüllt (ca. 10 kg/m^3). Da die Fische an trübes Teichwasser gewöhnt sind, reagieren sie empfindlich auf starke Beleuchtung oder Störungen. Hektische Bewegungen am Becken oder Schattenwurf sind zu vermeiden. Nach einer kurzen Eingewöhnungsdauer von 12 Stunden kann mit der Fütterung begonnen werden. Es besteht die Möglichkeit sofort auf Trockenfutter umzustellen. Dafür sollte langsam sinkendes Granulat verwendet werden, das über Futterautomaten am Beckeneinlauf in die Strömung gegeben wird. Zu Beginn werden nur wenige Fische auf das unbekannte Futter reagieren, doch mit der Zeit beginnen immer mehr zu fressen. Jedoch wird ein Teil der Zander die Aufnahme des Trockenfutters dauerhaft verweigern (20 - 50 %). Bessere Umstellungsergebnisse erreicht man mit einer kombinierten Naturnahrung/Trockenfutter Fütterung. Dafür beginnt man mit der Verfütterung von Roten Zuckmückenlarven. Diese Nahrung ist den Zandern bekannt und wird bereitwillig aufgenommen. Man verwendet dazu tiefgefrorene Mückenlarven, die schonend aufgetaut werden müssen. Nach zwei Tagen kann mit der teilweisen Substitution von Mückenlarven durch Trockenfutter begonnen werden. Die Futtermittel werden vermischt und portionsweise in die Becken gegeben. Die Umstellung sollte nach 14 Tagen abgeschlossen sein. Auf diese Weise können bis zu 90 % der Zander erfolgreich an die neue Nahrung gewöhnt werden.



Abb. 18: Speisezanderanwärter im Rundbecken

4.7 Überlebensraten

Die Aufzucht von Zandern ist insbesondere in den ersten Stadien durch eine hohe Verlustrate charakterisiert. Der Schlupferfolg ist von einer Reihe von Faktoren abhängig (Befruchtungsrate, Transport, Wasserqualität), in der Regel werden Schlupfraten von 80 % erreicht (Tabelle 6). Nicht alle Larven sind lebens- oder fressfähig, so dass von einem durchschnittlichen Anfütterungserfolg von etwa 60 % ausgegangen werden kann. Die Umstellung auf Trockenfutter ist die schwierigste Phase der Aufzucht. Sie ist maßgeblich von der Qualität des eingesetzten Starterfutters abhängig. Dies gilt sowohl für die Zusammensetzung, die Verdaulichkeit und den Geschmack, als auch für den Durchmesser und die Sinkeigenschaften des Futtermittels. Aber auch die Wasserqualität und die Füllung der Schwimmblase beeinflussen den Erfolg. Nach erfolgter Umstellung werden die meisten Verluste durch den stark ausgeprägten Kannibalismus verursacht, dem nur durch regelmäßige strenge Sortierungen und eine hohe Besatzdichte entgegen gewirkt werden kann. Bis zum Erreichen eines Gewichtes von 10 g müssen die Zander bis zu 10 Mal sortiert werden. Ab dieser Stückmasse bis zu einer Speisefischgröße von 1000 g treten nur noch einzelne Verluste auf, die sich insgesamt auf etwa 10 % belaufen. Für den gesamten Produktionszyklus kann im Idealfall von einer Überlebensrate von ca. 10 % ausgegangen werden.

Tab. 6: Überlebensraten der verschiedenen Aufzuchtstadien

Stadium	**Überlebensrate (%)**
Schlupf	80
Anfütterung	60
Umstellung auf Trockenfutter	40
Aufzucht bis 1g	50
Aufzucht bis 10g	75
Aufzucht bis 1.000g	90
Kumuliert	**10**

4.8 Fütterung

Ein besonderer Schwerpunkt der Untersuchungen war die Entwicklung eines geeigneten Fütterungsmanagements. Dazu gehörte insbesondere die Auswahl einer optimalen Diät für die verschiedenen Altersklassen. Dafür wurden Futtermittel mehrerer Hersteller getestet. Es zeigt sich,

dass eine breite Futterpalette für die Aufzucht von Zandern zu Verfügung steht. Für die Aufzucht von Zandern kann auf hochwertige Futtermittel für marine Fischarten, Forellen oder Störe zurückgegriffen werden. Insbesondere während der frühen Aufzuchtstadien haben sich Starter-Futtermittel für marine Fischarten bewährt. Besonders geeignet sind dabei Diäten mit einem hohen Rohproteingehalt (> 55 %), einem Rohfettgehalt von weniger als 15 % und einem möglichst geringen Anteil an stickstofffreien Extraktstoffen (NfE). Die Fütterung der anschließenden Juvenilstadien erfolgt mit Futtermitteln, die einen Anteil von 45 - 50 % Rohprotein enthalten. Der Rohfettgehalt sollte hier nicht über 20 % liegen, optimal sind Anteile von 15 - 18 %. Für die anschließende Mastphase empfehlen sich Futtermittel mit einem Rohproteinanteil von 45 - 50 %. In dieser Phase erscheint ein reduzierter Fettanteil von etwa 15 % von Vorteil. Neben der Quantität der Rohstofffraktionen ist besonders die Qualität der Inhaltsstoffe entscheidend. So sollte darauf geachtet werden, dass der Anteil pflanzlicher Inhaltsstoffe nicht dominiert.

Heutzutage stehen zwei Futtermitteltypen für die Mast zu Verfügung. Die Fütterung mit schwimmenden Pellets gewährleistet eine optimale Kontrolle der Futteraufnahme und von Futterverlusten. Ein weiterer Vorteil des schwimmenden Pellet ist die unkomplizierte Verabreichung über einfache Fütterungssysteme. Ungleich komplizierter ist die Verabreichung von sinkenden Pellets. Da die Mehrzahl der Zander keine Pellets vom Beckenboden, sondern nur während des Absinkens in der Wassersäule aufnimmt, muss die Futtergabe dem Wasserstand und dem Fressverhalten der Fische angepasst werden. Jedoch zeigen Untersuchungen während der Mastphase (300 bis 800 g) mit gleichwertigem Sink- und Schwimmfutter, dass das Sinkfutter von den Zandern signifikant besser verwertet wird. Daneben können mit Sinkfutter 10 bis 15 % höhere Fütterungsintensitäten erreicht werden. Grund dafür ist eine schneller abnehmende Appetanz bei der Ernährung mit Schwimmfutter.

Fütterungstechnik

Für die verschiedenen Aufzuchtstadien werden unterschiedliche Fütterungstechniken benötigt. Für die Anfütterung der Larven werden Lebendfutter-Automaten verwendet. Zumeist handelt es sich um Behälter mit Magnetventil, das sich in einstellbaren Frequenzen öffnet und die Nährtierlösung freigibt. Möglich ist auch eine zentrale Speicherung der Nährtierlösung, die dann von Dosierpumpen in die Larvenbecken gepumpt werden. Hierbei muss darauf geachtet werden, dass die Nährtiere nicht durch die Pumpe zerschlagen werden. Für die Umstellung auf Trockenmischfuttermittel werden feindosierbare Automaten verwendet, die über einen abgeschlossenen Vorratstank verfügen. Damit kann das Verkleben des feinen Staubfutters verhindert werden. Für die Fütterung der Pellets stehen verschiedene Systeme zu Verfügung. Bei der Auswahl ist darauf zu achten, dass Futterverluste vermieden werden. Dafür ist eine langsame Abgabe der Futtermittel erforderlich, da die Zander zu Boden gesunkenes Futter eher meiden. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Futterverteilung. Besonders während der Mast zeigt sich, dass

die Zander jedes Pellet während des Absinkens erst fixieren und dann anschwimmen. Auch interagieren sie und weichen bei der Futteraufnahme voreinander zurück. Eine punktuelle Fütterung fördert somit das Auseinanderwachsen des Bestandes und die Futterverluste. Das Futter sollte also langsam einzeln und großflächig in den Becken verteilt werden. Die Fütterungsfrequenz sollte so gering wie möglich gehalten werden.

Tab. 7: Anforderungen an die Futterautomatik während der Aufzucht

Aufzuchtstadium	**Futtermitteleigenschaften**	**Fütterungsautomatik**
Anfütterung und Umstellung	1. Nährtierlösung 2. Feinstes Staubfuttermittel	1. dosierbarer Lebendfutterautomat 2. fein dosierbare Staubfutterautomaten mit geschlossener Bevorratung
Vorstrecken	1. Staubfuttermittel 2. Mikropellet 3. Granulat	1. fein dosierbare Staubfutterautomaten mit geschlossener Bevorratung
Aufzucht	1. Minipellet 2. Pellet	1. dosierbarer Futterautomat für verschiedene Partikelgrößen 2. Uhrwerkbandfutterautomat
Mast	1. Pellet	1. dosierbarer Futterautomat mit Möglichkeit zum Auswurf großer Pellets



Abb. 19: Vorratstank für Lebendnahrung



Abb. 20: Dosierpumpen für die Verteilung der Lebendnahrung



Abb. 21: feindosierbarer Staubfutterautomat für die Umstellung

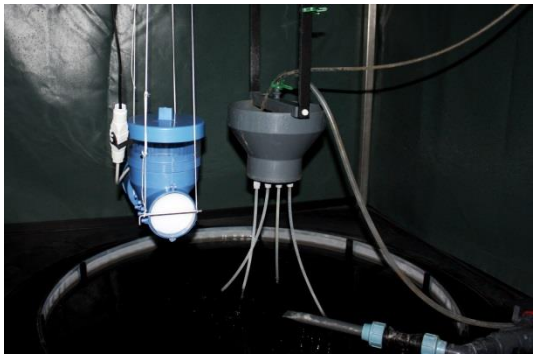


Abb. 22: Kombinierte Fütterung während der Umstellung (links-Staubfutter, rechts-Lebendnahrungs-Verteilung

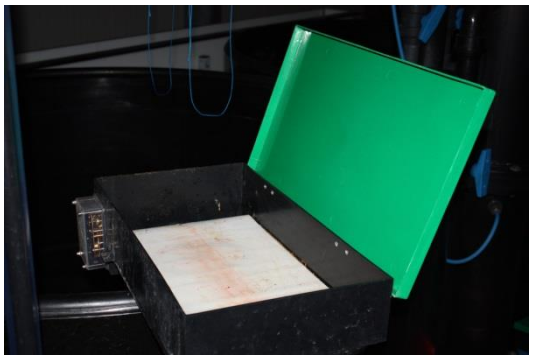


Abb. 23: Uhrwerk-Bandfutterautomat (12h oder 24 h)

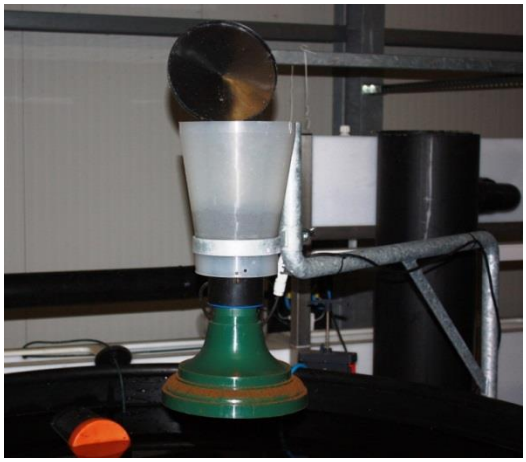


Abb. 24: Futterautomat mit Futterverteilung



Abb. 25: vollständig geöffneter Auswurf für große Mengen und Partikelgrößen

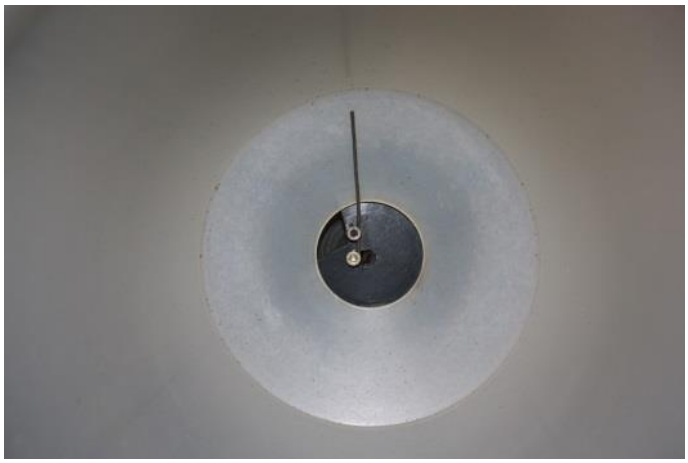


Abb. 26: abgedeckter Auswurf für kleinere Mengen und Partikelgrößen

Futterverwertung, Fütterungsintensität und Partikelgröße

In den ersten Wochen verfügen die Zanderlarven über ein hohes Wachstumspotential. Deshalb muss die Futterpartikelgröße ständig angepasst werden. Die Maulspalte ist sehr klein, sie entspricht ungefähr dem Augendurchmesser der Larve. Normale *Artemia*-Nauplien können deshalb schon zu groß und für die Anfütterung ungeeignet sein. Es empfiehlt sich daher die Verwendung von Microzysten für die ersten zwei Tage der Anfütterung. Da Microzysten sehr teuer sind, sollten sobald als möglich preiswertere (größere) Artemia-Nauplien gefüttert werden. Die Umstellung beginnt mit Staubfuttermitteln mit einem Durchmesser von 200 µm. Sie erstreckt sich über zehn Tage, in denen die Partikelgröße auf 300 µm angehoben wird. Während der Vorstreckphase werden die Futterpartikelgrößen dem Wachstum entsprechend auf 500 µm, 800 µm und 1 mm gesteigert. Dabei sinkt die Fütterungsintensität von 10 auf 4 %/d Frischmasse ab. Ab einem Stückgewicht von 5 g wird ein Pellet mit einem Durchmesser von 1,5 mm gefüttert. Die nächste Umstellung auf 2 mm erfolgt bei einem Stückgewicht von 15 g. Weitere Anpassungen erfolgen bei 25 g (3 mm), 80 g (4,5 mm) und 150g (6 mm), wobei auf Letztere auch bisweilen verzichtet werden kann. Ab 300 g Stückgewicht kann bereits das Mastfutter mit einem Durchmesser von 8 mm gefüttert werden. Wird ein Endgewicht von 700 - 800 g angestrebt, so wird dieses Pellet bis zum Produktionsende beibehalten. Sollen größere Tiere erzeugt werden, so empfiehlt sich eine weitere Umstellung auf ein 11 mm Pellet bei einem Stückgewicht von 700 g. Mit zunehmender Größe sinkt die tägliche Fütterungsintensität ab. Bei den in der Tabelle dargestellten Werten handelt es sich um anlagenspezifische Richtwerte. Die Futteraufnahme der Tiere ist regelmäßig zu überprüfen, und die Fütterungsintensität ist ggf. anzupassen. Die Futterverwertung verschlechtert sich mit zunehmendem Alter. Während der Futterquotient in der frühen Aufzuchtphase deutlich unter 0,8 liegt, wird bereits bei einem Stückgewicht < 300 g

nur noch ein Futterquotient von 1 erreicht. Anschließend steigt er auf bis zu 2 in der letzten Mastphase an.

Tab. 8: Futterverwertung, -intensität und Partikelgrößen der unterschiedlichen Stadien

Stadium (g)	**Futterverwertung (FQ)**	**Fütterungsintensität (%/d)**	**Partikelgröße**
0,01 – 0,1	ca. 0,5*	*ad libitum*	200; 300 µm
0,2 - 3	0,6	10 - 4	300; 500; 800; 1 000 µm
3 - 20	´0,7	4 - 3	1,0; 1,5; 2,0 mm
20 - 40	0,8	3 - 1,5	2,0; 3,0 mm
40 - 100	0,9	1,5 - 1	3,0; 4,5 mm
100 - 700	1,4	1 - 0,8	4,5; 6; 8 mm
700 – 1 300	2	0,8 - 0,4	11 mm

*geschätzt

4.9 Sortierung

Ein wesentlicher Bestandteil der Zanderproduktion ist die regelmäßige Sortierung der Fische. Nur damit lässt sich das kannibalistische Verhalten der Zander verhindern. Sie muss unbedingt schonend erfolgen. Andernfalls kommt es schnell zu mechanischen Verletzungen an Haut und Augen, bei jungen Zandern zusätzlich zu Wirbelsäulendeformationen. Auf eine ausreichende Sauerstoffversorgung der Fische ist jederzeit zu achten. Die erste Sortierung erfolgt bereits drei Wochen nach dem Schlupf. Anschließend werden die Zander mindestens alle fünf Tage sortiert, bis sie ein Stückgewicht von 1 g erreichen. Bis dahin werden sie in Sortierkästen abgesaugt. Größere Chargen werden dann vorsichtig gekeschert. Die Anzahl der Sortierungen ist stark vom Größenwachstum einzelner Fische abhängig. In den meisten Fällen werden die Jungzander mindestens bei jeder Gewichtsverdopplung größensortiert. Bis 250 g werden die Zander mit Sortierwippen sortiert, danach erfolgt die Sortierung mit der Hand in Sortierwannen.

Tab. 9: Sortierungstermine und Sortiergitterabstände

Sortierung	Stückgewicht (g)	Gitterabstand (mm)
1.- 4.	0,1 - 1	2, 3, 4, 5
5.	2	6
6.	4	8

7.	8	10
8.	15	12
9.	30	15
10.	50	18
11.	100	20
12.	250	25 - 30, Handsortierung
13.	600	Handsortierung
14.	900	Handsortierung



Abb. 27: Sortierwippe zur Größensortierung juveniler Zander



Abb. 28: Sortierung von 200 g Zandern



Abb. 29: Sortierkasten zur Größensortierung von Larven und Setzlingen



Abb. 30: Gittereinsätze für Sortierkasten (2, 3, 4, 5, 6 mm Gitterabstand)

4.10 Beleuchtung

Die Tageslänge in der Pilotanlage beträgt 11,5 Stunden. Ab sechs Uhr Morgens wird die Beleuchtungsintensität innerhalb von 75 Minuten von 0,2 lx (Nachtbeleuchtung) auf 30 lx an der Wasseroberfläche erhöht. Um 15 Uhr verringert sich über 75 Minuten die Lichtintensität wieder auf 0,2 lx. Die wesentlichen Arbeiten mit den Kreislaufsystemen erfolgen während der Lichtperiode. Dafür werden in dieser Zeit reduzierte Rationen gefüttert. Der Einfluss der Beleuchtung auf die Augenentwicklung und Wachstumsleistung von Zanderlarven wurde innerhalb eines Kooperationsprojektes mit der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) überprüft. Im Ergebnis zeigt sich ein deutlich besseres Wachstum bei beleuchteten Becken. Augenblicklich werden Larven beider Gruppen auf Unterschiede bei der Augenentwicklung untersucht (z.B. Stäbchen/Zapfen - Verhältnis). Das Ergebnis dieser Untersuchung wird nachgereicht. Nachfolgend der Bericht zum Kooperationsprojekt.

Untersuchungen zum Lichteinfluss auf die frühe Augenentwicklung beim Zander (*Sander lucioperca*)

Dr. Constanze Pietsch, ZHAW Wädenswil (Schweiz)

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschreibt die Grössenentwicklung und morphologische Entwicklung der Augen, insbesondere der Retina, in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke bei Larven des Europäischen Zanders (*Sander lucioperca*) innerhalb der ersten Lebenswochen.

Einleitung

Augen haben vielfältige Funktionen, die neben der reinen Lichtrezeption auch die Wahrnehmung von Farben, Formen, Raum, Zeit und Bewegungen ermöglichen (Ollivier et al., 2004). So lassen sich auch tagaktive, nachtaktive und arythmische (mit Anpassung an viel und wenig Licht) Tierarten unterscheiden.

Die Augen von Fischen sind entsprechend ihrer grossen Vielfalt in der Abstammung ebenfalls sehr unterschiedlich in ihrem Aufbau und Funktionsweise, da Lichtstärke und Lichtzusammensetzung in den unterschiedlichen aquatischen Lebensräumen sehr variabel sein können. Durch evolutionäre Prozesse haben sich die Augen von Fischen an die Lichtverhältnisse in dem jeweiligen Lebensraum im Wasser angepasst.

Analog zu dem Aufbau der Augen von anderen Wirbeltieren, entsteht während der ontogenetischen Entwicklung der Knochenfische auch deren Auge (Abb. 27) aus Ausstülpungen des Diencephalon (Retina, Sehnerv, Pigmentepithel) zusammen mit Anteilen der Epidermis (Linse, Cornea) und des Mesoderms (z.B. Sklera, Augenmuskeln).

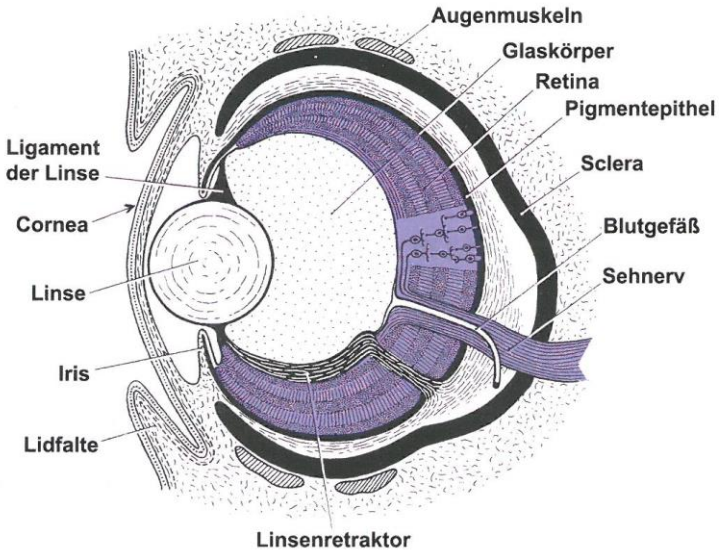


Abb. 27: Aufbau des Auges von Knochenfischen nach Portmann (1983)

Zu Beginn sind die Augen von Fischlarven unpigmentiert und eher transparent. Durch die Einlagerung von Melamin in den Pigmentepithelzellen erscheint anschliessend das Auge schwarz. Weiterhin entsteht auf der Augenoberfläche die Silberhaut (Argentea) durch Einlagerung von Guaninnadeln und –plättchen. Zeitgleich zur vollständigen Pigmentierung der Pigmentepithelschicht, differenziert sich auch die Retina vollständig aus. Dabei sind als Photorezeptoren einerseits die Stäbchen für das Sehen im Schwachlicht (skotopisches Sehen) und Zapfen (als Einfach-, Doppel- oder Mehrfachzapfen) für das (phototopische) Farbkontrastsehen im Starklicht vorhanden. Da Fische keinen ausgeprägten Pupillenreflex besitzen, ist die Anpassung an unterschiedliche Lichtverhältnisse durch die Retinomotorik sehr bedeutsam (Abb. 28). Diese Anpassung, bei der reziprok Zapfen und Stäbchen in Abhängigkeit von der Helligkeit verschoben werden, benötigt mehr Zeit als die schnelle Regulation durch den Pupillenreflex.

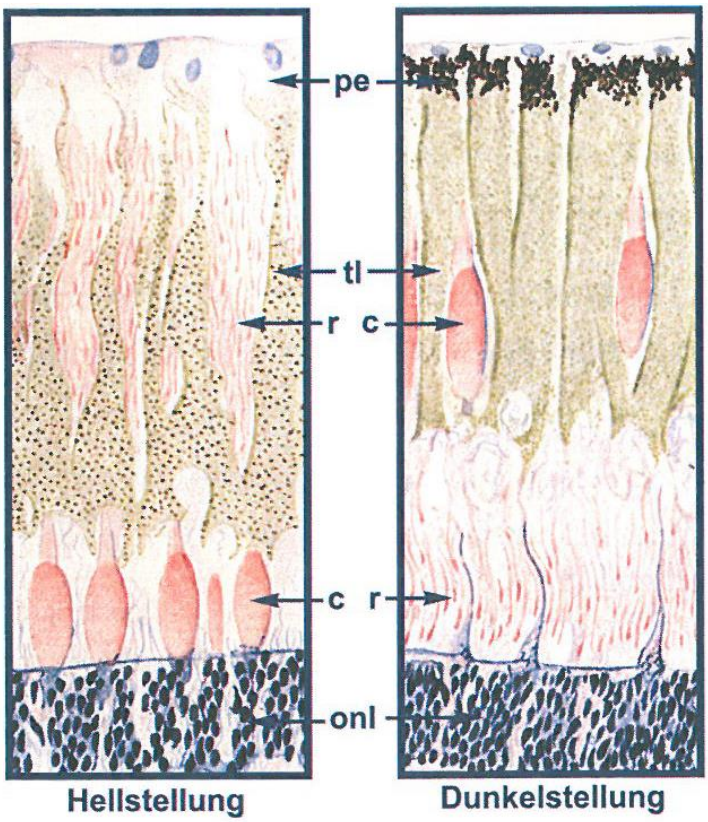


Abb. 28: Hell- und Dunkelstellung der Retina beim Zander (Wunder, 1930)

Eine frühere Studie zeigte bereits, dass Zander zeitgleich mit der vollständigen Auflösung des Dottersackes und der damit verbundenen Umstellung auf externe Nahrungsaufnahme, die Fähigkeit entwickeln scharf zu sehen (Deym Gräfin von Strzitez, 2007). Demnach entwickeln sich nach 16 Tagen ab Schlupf die Stäbchen für skotopisches Sehen und Doppelzapfen, die zusammen mit einem typischen Zapfenmuster und eine bewegliche Linse ein scharfes Sehen mit verbessertem Farbkontrast ermöglichen. In der hell-adaptierten Retina liegen die Stäbchen zwischen den Pigmentepithelfortsätzen und die Zapfen sind lichtexponiert. In der dunkeladaptierten Retina sind die Stäbchen lichtexponiert und die Zapfen befinden sich zwischen den Pigmentepithelfortsätzen, während die Pigmente in Richtung der Pigmentepithelzellkerne zurückgezogen sind.

Ausserdem konnte festgestellt werden, dass zwischen dem 31. Und 62.Tag ab Schlupf das Tapetum lucidum ausgebildet wird und dadurch die Tiere von positiver zu negativer Phototaxis übergehen und damit dämmerungsaktiv werden. Dadurch wird die Ausbildung des Tapetum lucidum als wichtiges Ereignis in der Entwicklung der Zanderlarven angesehen. Das für Perciden typische retinale rauhe Tapetum wird durch das bewegliche Pigment in den Epithelzellfortsätzen in Abhängigkeit wird im Starklicht abgedeckt (Nicol 1963, 1975).

Die Fragestellung für das vorliegende Projekt war daher, wie sich die Augenentwicklung in hell- und dunkeladaptierten Zanderlarven innerhalb der ersten Wochen unterscheidet.

Material und Methoden

Die Zanderreproduktion erfolgte in der Versuchsanlage Hohen Wangelin (Mecklenburg-Vorpommern) im Oktober/November 2014. Anschließend wurden Zanderlarven ab Schlupf für die weiteren Analysen entnommen und fixiert. Bereits nach dem ersten Tag nach dem Schlupf unter unterschiedlicher Beleuchtung gehalten. Das Lichtregime wurde so eingestellt, dass die eine Gruppe für 24 h Licht mit etwa 50 Lux erhielt bzw. fast in Dunkelheit gehalten wurden (bei ca. 2 Lux). Zanderlarven wurden am Tag 1 ab Schlupf entnommen und anschließend am Tag 8 und Tag 14 und 21 nach Schlupf.

Um morphologische Untersuchungen an Augen zu ermöglichen, ist eine Gewebefixierung und das Anfertigen von Schnitten notwendig. Die Probenfixierung erfolgte in 2.5% Glutaraldehyd (hergestellt in phosphatgepufferter Salzlösung, PBS) für 1h mit anschliessendem Transfer der Proben in PBS bis zur weiteren Verwendung der Proben.

Die Beurteilung der Augenmorphologie und insbesondere die Beurteilung der Struktur von Zellen und Geweben ermöglicht Rückschlüsse auf die Funktionen der Gewebeabschnitte. Beispielsweise lässt die Anwesenheit von neuronalen Synapsen darauf schliessen, dass an dieser Stelle Reizweiterleitung stattfindet. Eine hohe Rezeptordichte lassen eine hohe Sehschärfe vermuten. Die Ausbildung des Tapetum lucidum ermöglicht eine höhere Lichtausbeute bei schwachen Lichtverhältnissen. Durch das Aufnehmen von TEM Bildern konnte die Gestalt von Zellen und der Aufbau der Gewebe beurteilt werden. Die Einbettung für die TEM erfolgte in Kunststoff, ultrastrukturelle Details wurden mittels TEM Bildern ausgewertet, und die Auswertung der Bilder erfolgte mittels Adobe Photoshop CS3 Extended. Schnittserien ausgewählter Gewebebereiche wurden angefertigt, die auch das Ausmessen von Zelllängen mit dem Ruler Tool des Adobe Photoshops zulassen. Dabei kann die Geometrie der Pigmentepithelzellen und das Vorhandensein von Melanin- oder Guaninpartikeln ausgewertet werden.

In Kombination mit den Auswertungen des Larvenwachstums ermöglichen die Auswertungen der Augenmorphologie Rückschlüsse auf die potentiellen Vorteile von Anpassungen auf die Entwicklung der Tiere.

Resultate

Die Größe der Zanderlarven und die Augenentwicklung wurden zu 5 verschiedenen Zeitpunkten untersucht. Die morphologischen Daten für Zanderlarven am Tag 1 ab Schlupf sind dabei in Abbildung 29 dargestellt.

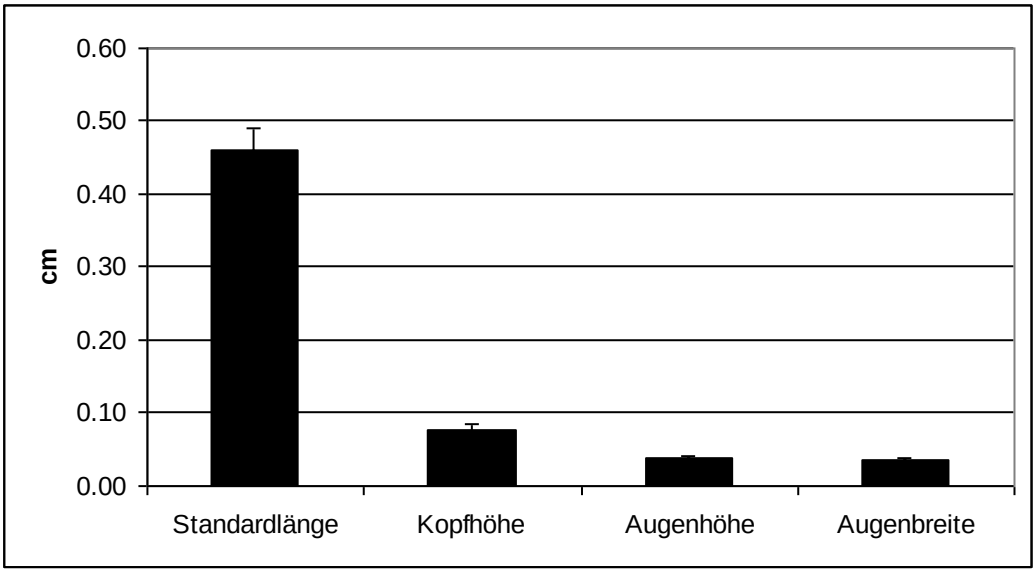


Abb. 29: Morphologische Daten der Zanderlarven am Tag 1 nach Schlupf, n=10, MW ± Stbw.

Frisch geschlüpfte Zanderlarven am Tag 1 zeigten eine Standardlänge von 4.6 ± 0.3 mm (MW ± Stabw). Das Verhältnis der Kopfhöhe (gemessen an der breitesten Stelle) zur Körpergrösse. Die Augen zeigen eine nahezu runde Form (das Verhältnis von Durchmesser zur Höhe der Augen beträgt 1.1. Eine Pigmentierung ist bei den Larven noch nicht vorhanden. Die Ernährung erfolgt über den Dottersack. Das Verhältnis des Augendurchmessers zur Gesamtlänge der Fischlarven beträgt 11.85 ± 1.11 (MW ± Stabw).

Hell-adaptierte Zanderlarven am Tag 2 nach Schlupf (Abb. 30) zeigen eine Standardlänge von 4.6 ± 0.4 mm (MW ± Stabw). Dunkeladaptierte Zanderlarven am Tag 1 nach Schlupf zeigen ebenfalls eine Standardlänge von 4.6 ± 0.4 mm (MW ± Stabw). Die Augenform zeigt für beide Gruppen eine ähnliche runde Form (Verhältnis Durchmesser zu Höhe des Auges von etwa 1.1) und hat sich auch im Vergleich zum vorigen Tag nicht verändert.

Die Gesamtkörperlänge ist bei hell-adaptierten Fischlarven 12.02 ± 1.0 -mal länger als der Durchmesser des Auges, während bei dunkel-adaptierten Fischlarven ein Wert von 11.39 ± 0.83 erreicht wird. Damit verringert sich das Auge in Relation zur Körperlänge bei den schneller wachsenden hell-adaptierten Tieren.

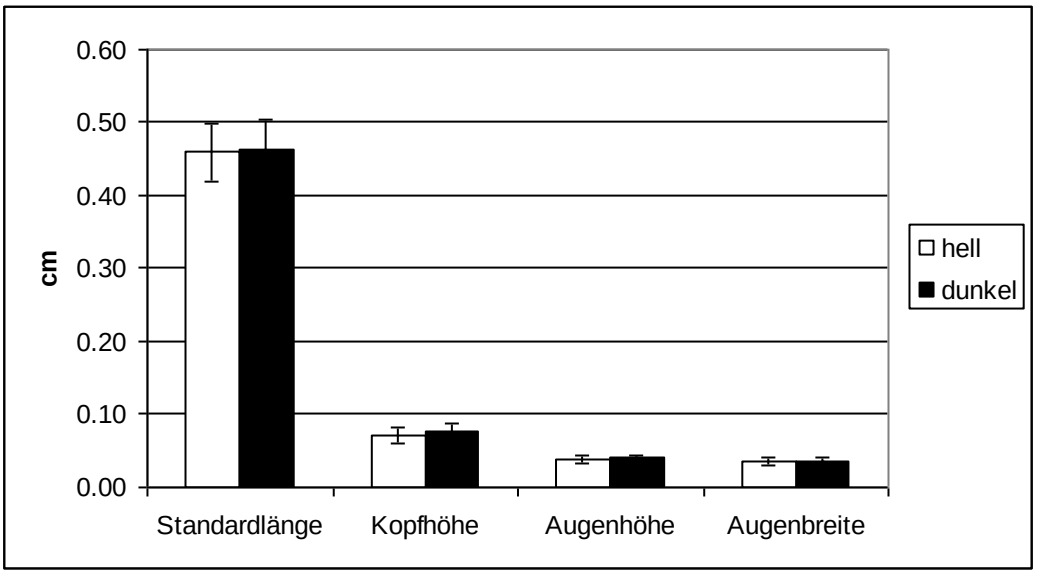


Abb. 30: Morphologische Daten der Zanderlarven am Tag 2 nach Schlupf, n=9 für hell-adaptierte Tiere, n = 10 für dunkel-adaptierte Tiere, MW ± Stabw.

In Abbildung 31 sind die morphologischen Daten der Zanderlarven am Tag 8 nach Schlupf. Hell-adaptierte Zanderlarven am Tag 8 nach Schlupf zeigen eine Standardlänge von 6.6 ± 0.9 mm (MW ± Stabw), wohingegen dunkeladaptierte Zanderlarven am Tag 8 nach Schlupf eine Standardlänge von 5.1 ± 0.3 mm (MW ± Stabw) vorweisen. Weiterhin weisen die Tiere eine beginnende Pigmentierung auf, das Auge ist bereits dunkel pigmentiert, und der Dottersack ist aufgebraucht.

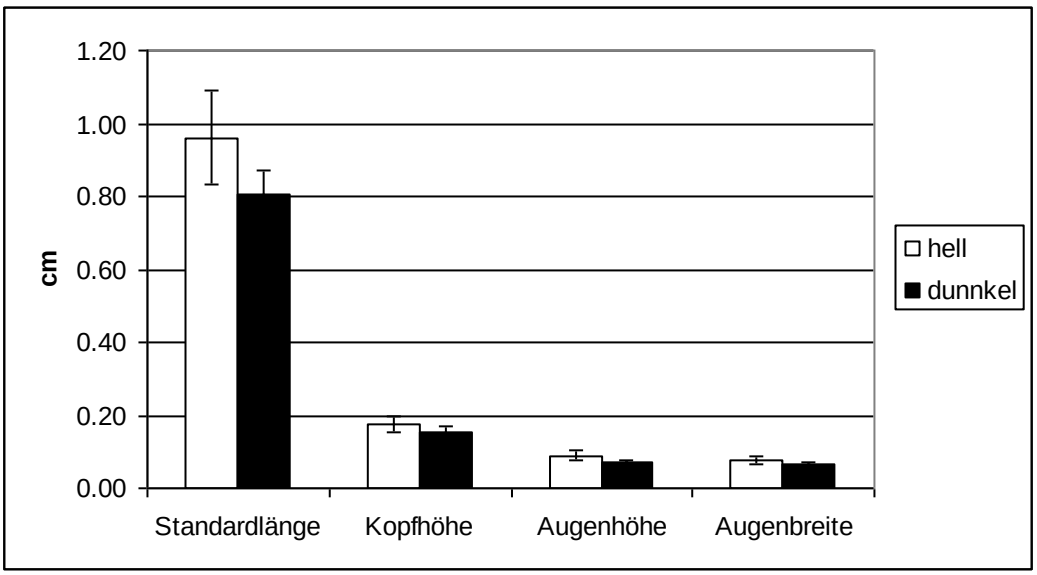


Abb. 31: Morphologische Daten der Zanderlarven am Tag 8 nach Schlupf, n=10 für hell-adaptierte Tiere, n = 12 für dunkel-adaptierte Tiere, MW ± Stabw.

Die Augenform zeigt für beide Gruppen am Tag 8 nach Schlupf eine ähnliche runde Form (Verhältnis Durchmesser zu Höhe des Auges von etwa 1.1) und hat sich auch im Vergleich zum vorigen Tag nicht verändert. Die Gesamtkörperlänge ist bei hell-adaptierten Fischlarven 10.83 ± 0.97 -mal länger als der Durchmesser des Auges, während bei dunkel-adaptierten Fischlarven ein Wert von 11.02 ± 0.72 erreicht wird.

Hell-adaptierte Zanderlarven am Tag 14 nach Schlupf (Abb. 32) verzeichneten eine Standardlänge von 9.6 ± 1.3 mm (MW ± Stabw), während dunkeladaptierte Zanderlarven am Tag 14 nach Schlupf eine Standardlänge von 8.0 ± 0.7 mm (MW ± Stabw) zeigten.

Die Gesamtkörperlänge war bei hell-adaptierten Fischlarven 10.82 ± 0.31 -mal länger als der Durchmesser des Auges, während bei dunkel-adaptierten Fischlarven ein Wert von 11.15 ± 0.37 erreicht wurde. Die Pigmentierung des Körpers hat bis zu diesem Zeitpunkt deutlich zugenommen und die Iris reflektiert silbern.

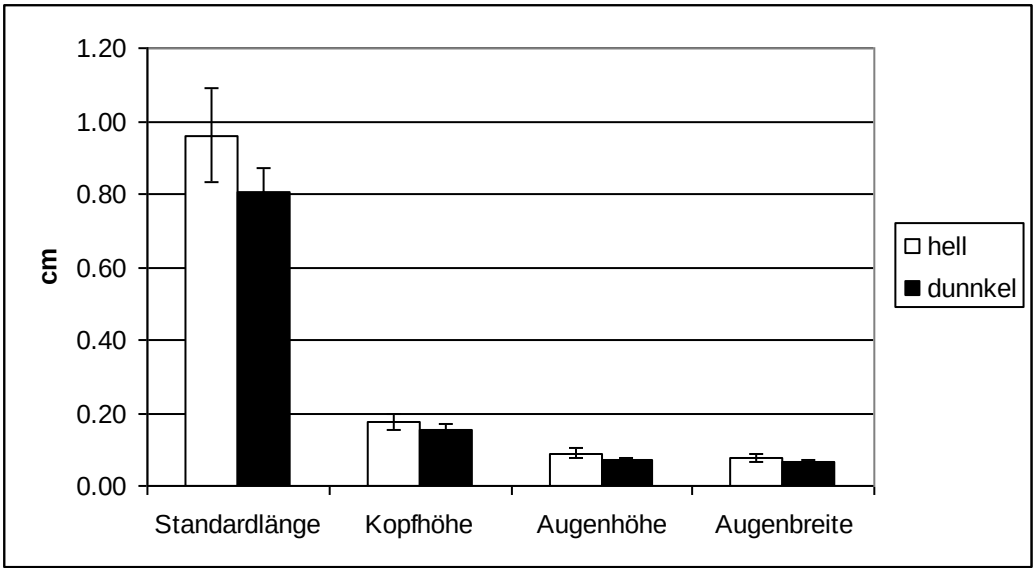


Abb. 32: Morphologische Daten der Zanderlarven am Tag 14 nach Schlupf, n=5 für hell-adaptierte Tiere, n = 7 für dunkel-adaptierte Tiere, MW ± Stabw

Hell-adaptierte Zanderlarven am Tag 21 nach Schlupf: 2.85 ± 0.61 cm (MW ± Stabw) (Abbildung 33). Dunkeladaptierte Zanderlarven am Tag 21 nach Schlupf zeigen eine Standardlänge von 1.04 ± 0.14 cm (MW ± Stabw).

Die Gesamtkörperlänge ist bei hell-adaptierten Fischlarven 11.73 ± 0.96 -mal länger als der Durchmesser des Auges, während bei dunkel-adaptierten Fischlarven ein Wert von 10.97 ± 0.45 erreicht wird.

Der Körper der Fischlarven zu diesem Zeitpunkt ist nicht mehr durchsichtig und hat bereits eine Körperform, die typisch für (adulte) Zander ist.

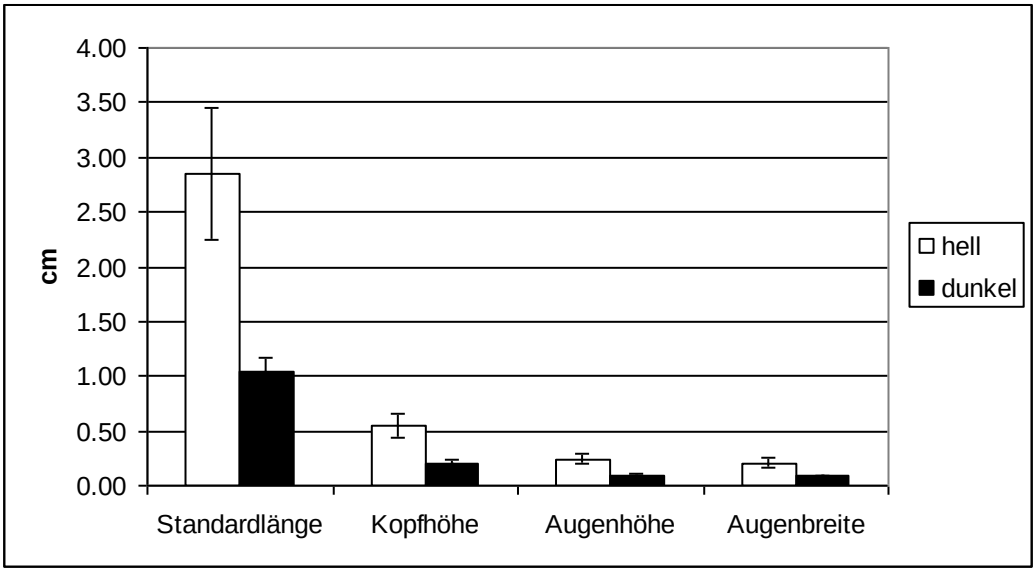


Abb. 33: Morphologische Daten der Zanderlarven am Tag 21 nach Schlupf, n=5 für hell-adaptierte Tiere, n = 12 für dunkel-adaptierte Tiere, MW ± Stabw

Über den betrachteten Zeitraum hinweg ergibt sich demnach für die hell-adaptierten Fischlarven eine Längenzunahme um das 6.2-fache (Abb. 34), während die dunkel-adaptierten Tiere eine knapp 2.3-fache Zunahme der Körperlänge (Abb. 35) innerhalb der ersten 21 Tage ab Schlupf zeigten.

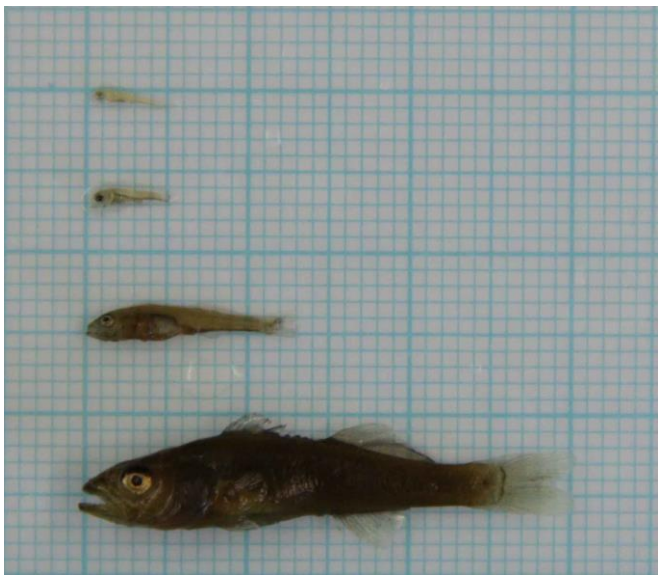


Abb. 34: Vergleichende Darstellung der hell-adaptierten Zanderlarven am Tag 2, 8, 14 und 21 nach Schlupf

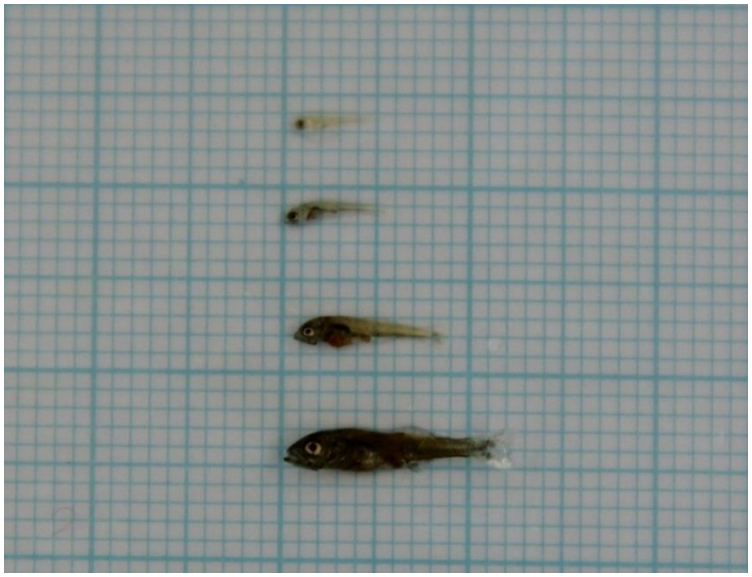


Abb. 35: Vergleichende Darstellung der dunkel-adaptierten Zanderlarven am Tag 2, 8, 14 und 21 nach Schlupf

In den entsprechenden Larvenstadien wurde mittels TEM ebenfalls der Entwicklungsstand des Auges untersucht. Die Erstellung von seriellen Schnitten des Zanderauges benötigte etwa 1000 Schnitte um ein gesamtes Auge zu schneiden. Entsprechende Fotografien der Schnitte sind in Abbildung 36-39 zu sehen.

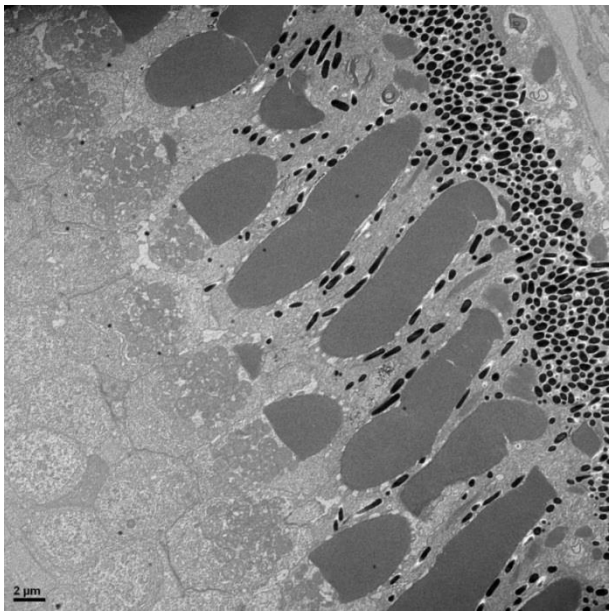


Abb. 36: TEM Bild des Zanderauges mit Zapfen und Stäbchen und Nervenfasern der Retina (sog. Körnerschicht)

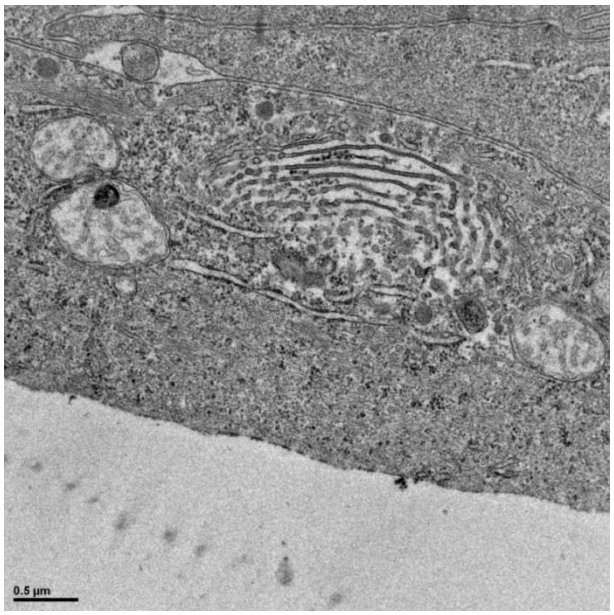


Abb. 37: TEM Bild des Zanderauges mit der Darstellung von Golgi-Apparat und mehreren Mitochondrien

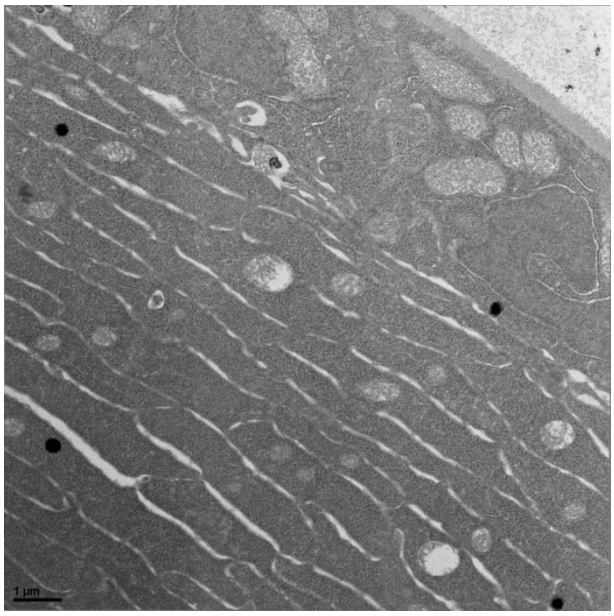


Abb. 38: TEM Bild des Zanderauges, Anteil der Cornea mit mehrschichtigem Plattenepithel

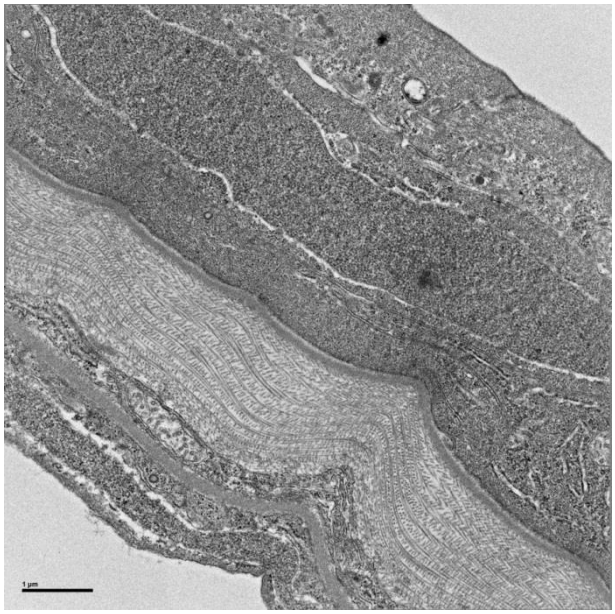


Abb. 39: TEM Bild des Zanderauges in der Region des Blinden Flecks

Diskussion

Die hell-adaptierten Zanderlarven zeigen innerhalb der ersten drei Lebenswochen ab Schlupf ein deutlich schnelleres Wachstum als dunkel-adaptierte Tiere.

Im Gegensatz zu terrestrischen Wirbeltieren wächst bei Fischen das Auge lebenslang proportional zum Körper weiter (Brown, 1975; John & Easter, 1977; Johns & Fernald 1981; Fernald, 1985). Die konnte auch durch die vorliegenden Untersuchungen bei den Zanderlarven bestätigt werden. Die Augen der Zander sind im Vergleich zum übrigen Körper recht gross.

Generell sind Zander jedoch gut an schwache Lichtverhältnisse angepasst, da sie mit trübem Wasser gut zurecht kommen. Ihre Augen sind also gut auf scharfes Sehen bei geringen Lichtstärken angepasst (Ahlbert, 1968). Die Retina der Zander zeigt die typische Beschaffenheit der Knochenfische mit Einfach- und Doppelzapfen, einem regelmässigen Zapfenmuster und der Retinomotorik.

Schlussfolgerung

Die Lichtstärke hat einen Einfluss auf die Zanderentwicklung in den ersten Lebenswochen. Dabei zeigte sich, dass eine Beleuchtung mit etwa 30 bis 50 Lux zu einer schnelleren Entwicklung der Zanderlarven führt, als die Haltung in Dunkelheit (bei ca. 2 Lux). Die Augen entwickeln sich, wie zu erwarten, parallel zur Körpergröße.

Literaturangaben

Ahlbert, I.B. 1968. The organization of the cone cells in the retinae of four teleosts with different feeding habits (*Perca fluvatilis* L., *Lucioperca lucioperca* L., *Acerina cernua* L. and *Coregonus albula* L.). Arkiv for Zoologi 22, 445-481.

Brown, M.E. 1975. The physiology of fishes. Vol. 2: Behavior. Academic Press, New York.

Deym Gräfin von Strzitez, P. 2007. Vergleichende morphologische Untersuchungen zur Entwicklung der Retina von Zander (*Stizostedion lucioperca*) und Sardelle (*Engraulis japonicus*) unter besondere Berücksichtigung des Tapetum lucidum. Diplomarbeit, Ludwig-Maximilians-Universität, München, pp. 122.

Fernald, R.D. 1985. Growth of the teleost eye: novel solutions to complex constraints. Enviromental Biology of Fishes 13(2), 113-123.

John, P.R., Easter, S.S. Jr 1977. Growth of the adult goldfish eye. II. Increase in retinal cell number. The Journal of Comparative Neurology 176(3), 331-341.

Johns, P.R., Fernald, R.D. 1981. Genesis of rods in teleost fish retina. Nature 293, 141-142.

Nicol, J.A.C. 1963. Some aspects of photoreception and vision in fishes. Advances in Marine Biology1, 171-208.

Nicol, J.A.C. 1975. Studies on the eyes of fishes. Structure and ultrastructure. In: Ali, M.A. (ed.) Vision in fishes. Plenum Press, New York and London, pp 579-607.

Ollivier, F.J., Samuelson, D.A., Brooks, D.E., Lewis, P.A., Kallberg, M.E., Komaromy, A.M. 2004. Comparative morphology of the tapetum lucidum (among selected species). Veterinary Ophthalmology 7(1), 11-22.

Portmann, A. 1983. Einführung in die vergleichende Morphologie der Wirbeltiere. Schwabe Verlag, Basel, Stuttgart, 344 pp.

Wunder, W. 1930. Bau und Funktion der Netzhaut beim Zander (*Lucioperca sandra* Cuv. und Val.) und einigen anderen im Balaton häufigen Fischarten. Zeitschrift für vergleichende Physiologie 11, 749-76.

4.11 Produktqualität

Die Überprüfung und Beurteilung der Produktqualität von Speisezandern erfolgte in Kooperation mit dem Max-Rubner Institut (Hamburg). Dafür wurden in der Pilotanlage Speisezander mit verschiedenen kommerziellen Diäten aufgezogen und beprobt. Untersucht wurden die ernährungsphysiologischen und sensorischen Eigenschaften. Darüber hinaus wurde die Fettsäurezusammensetzung von Ganzkörper, Filet und intravisceralem Fettgewebe verglichen.

Teilprojekt: Bestimmung und Beurteilung der ernährungsphysiologischen und sensorischen Qualität von Zandern aus einer Kreislaufanlage

Verantwortlich/Berichterstatterin: Monika Manthey-Karl

Weitere beteiligte Wissenschaftler: Ines Lehmann, Dr. Ute Ostermeyer

Einleitung

Zander gehört zu den beliebtesten Speisefischen und genießt eine hohe Verbraucherakzeptanz. Insbesondere die gehobene Gastronomie hat diesen Fisch in den letzten Jahren neu entdeckt. Dabei sind die Herkunft und Regionalität der Rohware nicht zu unterschätzende weitere Aspekte einer erfolgreichen Vermarktung.

Sein weißes, wohlschmeckendes, fettarmes Fleisch gehört zum Besten, was aus dem Süßwasser auf den Teller kommt. Allerdings kann die heimische traditionelle Teichwirtschaft und Fischerei, die vor allem in MV stattfindet, den Bedarf nicht einmal ansatzweise decken. Aus diesem Grund werden Zander und Zanderfilets importiert. Frischware ist nur in geringem Umfang im Angebot und eher regional anzutreffen. Demzufolge wird Frostware in großem Umfang insbesondere aus den osteuropäischen Staaten nach Deutschland eingeführt. Die Produktqualität der tiefgefrorenen Ware ist als sehr unterschiedlich einzustufen.

Stand des Wissens und Zielsetzung

Bei der Kultur von Zandern in intensiven Aufzuchtsystemen handelt es sich um ein neues Produktionsverfahren. Im Gegensatz zum natürlichen Lebensraum erfolgt die Aufzucht in Warmwasserkreislaufanlagen mit einer künstlich formulierten Nahrung (Trockenmischfuttermittel). Die ernährungsphysiologische und sensorische Wertigkeit solcher Zander ist bisher nicht systematisch erfasst worden. Allerdings stellt die Sicherstellung einer hohen Produktqualität eine Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Positionierung von Speisezandern aus Kreislaufanlagen auf dem Markt dar. Dazu ist es entscheidend, hochwertige Produkte gleichbleibender Qualität anbieten zu können. Da Wasserumgebung, Futtermittel und Fütterungsregime während der Aufzucht Zusammensetzung, Geruch, Geschmack, Farbe und Textur des Fischfleisches beein-

flussen, ist die Erfassung der chemisch-physikalischen und sensorischen Parameter notwendig für eine umfassende Qualitätsbewertung der Aufzuchtergebnisse.

Fische aus der Aquakultur werden kontrolliert ernährt, demzufolge unterliegt die Zusammensetzung keinen saisonalen Schwankungen, wie es bei wildlebenden Fischen der Fall ist. Damit sind sowohl die Grundzusammensetzung und hier insbesondere der Fettgehalt konstanter (in der Regel höher) als bei Wildfischen.

Im Rahmen des Projektes wurde die Auswirkung der verschiedenen Futtermittel auf die Zusammensetzung des Fleisches ermittelt. Dazu zählen auch die minoren Bestandteile Selen und Taurin. Selen ist ein unentbehrliches (d. h. für den Körper notwendiges) Spurenelement, das als Bestandteil von Enzymen vor dem Angriff freier Radikale schützt. Es gibt Hinweise darauf, dass Selen krebshemmend wirken kann. Außerdem stärkt es das Immunsystem, ist am Stoffwechsel der Schilddrüse beteiligt und bindet schädliche Schwermetalle, um sie aus dem Körper auszuscheiden (Suttle 2010). Taurin, eine Aminosulfonsäure, spielt eine wesentliche Rolle bei der Stabilisierung von Zellmembranen, der Entgiftung von Schadstoffen und bei weiteren wichtigen Körperfunktionen (Undeland 2009).

Neben dem hauptsächlichen züchterischen Aspekt eines optimalen Wachstums durch die gewählte Futterzusammensetzung, wurde auch die ernährungsphysiologische Wertigkeit des Zanderfettes im letztendlich vermarktungsfähigen Endprodukt betrachtet. Hier ist es das Fettsäure(FS)spektrum, das über die Futtermittel beeinflusst wird. Selbst bei fettarmen Fischarten bleibt der Anteil der erwünschten FS im Fokus, insbesondere derer, die als positiv wirksam für die Herz-Kreislauf-Funktionen beworben werden. Dazu zählen vor allem die Omega-3-Fettsäuren Eicosapentaensäure (EPA) und Docosahexaensäure (DHA), die Seefische über die Nahrungskette, ausgehend von speziellen Mikroalgen, aus dem Meer aufnehmen. Einige Süßwasserfische wie Regenbogenforellen können EPA und DHA auch insbesondere aus der pflanzlichen Linolensäure synthetisieren, so dass ein Teilersatz des teuren Fischöls durch Pflanzenöle möglich ist. Die Ergebnisse bei juvenilen Zandern nach Fütterung mit kommerziellen Forellenfuttern erwiesen sich allerdings als nicht optimal (Schulz et al. 2005). Untersuchungen zur Zusammensetzung des Fettes von marktreifen Zandern nach Aufzucht mit Futtern für Störe sind bisher nicht bekannt.

Barschartige Fische reichern bei höheren Fettgehalten in der Nahrung kurzkettige Fettsäuren hauptsächlich im perivisceralen Fettgewebe an. Spezielle Kenntnisse über die Umsetzung des Nahrungsfettes bei KLA- Zandern fehlen bisher und sollten durch Untersuchungen der Fettzusammensetzung in den Filets und im Depotfett erlangt werden.

Obwohl es Studien zufolge keine systematischen sensorischen Unterschiede zwischen Zucht- und Wildfischen gibt, sind Wildfische nach wie vor in der Wahrnehmung der Verbraucher gesünder und schmackhafter als gezüchtete Fische (Verbeke et al. 2007). Eine besondere Bedeutung hat daher die sensorische Qualität des zubereiteten Fischfleisches, da diese für die meisten Konsumenten bei der Kaufentscheidung entscheidend ist. Die Bewertung durch eine geschulte Prüfergruppe ist nach wie vor die einzige Methode, die in kurzer Zeit mit vertretbarem Aufwand zu Ergebnissen führt.

Fisch aus der Aquakultur sollte einen frischen und einwandfreien Geruch und Geschmack haben. Doch gerade bei der intensiven Fischproduktion muss man mit einem sogenannten Offflavour ("modriger/schimmeliger/erdiger Geschmack") einzelner Fische rechnen, was einen hohen ökonomischen Schaden erzeugen kann. Das erkennbare Vorhandensein der dafür verantwortlichen Verbindungen 2-Methylisoborneol und Geosmin in ist ein Qualitätsmangel. In Kreislaufanlagen ist es eine bekannte Erscheinung, z. B. bei Amerikanischem Wels (z. B. Tucker 2000; Burr et al. 2012).
Neben dem Geschmack ist auch die Beschaffenheit des Muskelfleisches ein wichtiges sensorisches Beurteilungskriterium. Die instrumentelle Texturanalyse gehört zu den imitierenden Untersuchungsmethoden, die versuchen, die Bedingungen nachzuahmen, denen Rohmaterial wie Fischfilet beim Zerkleinern im Mund ausgesetzt wird (Schubring 1997). Sie schließt subjektive Einflüsse auf die Bewertung durch die Prüfergruppe aus, die bei längeren Zeitabständen zwischen den Prüfterminen nicht auszuschließen sind. Daher wurden begleitend Texturuntersuchen durchgeführt, um eine zuverlässige Aussage über die Wirkung aller eingesetzten Futter auf die Fischmuskulatur zu erhalten.

Qualitätsbeurteilung von marktfähigen Zandern

Material und Methoden

Untersucht wurden Zander, die vor der Endmast mit verschiedenen Futtermitteln aufgezogen worden waren. Die Versuchsfutter wurden während der Mastphase (0,4 bis 1,0 kg) gefüttert.

Tabelle 10: Zusammensetzung der Futter des letzten Versuchsstadiums lt. Deklaration

Zander A / E **<u>Futter A/E: Aller Metabolica, 8 mm</u>** Fish meal, fish oil, wheat, rapeseed oil, soybean meal, blood product, wheat gluten, bean/pea protein concentrate, corn gluten, single cell	Crude protein: 52 %, Crude fat: 15 % NFE: 14.1 % Ash : 8.6 % Fibre: 2.3 % P in dry matter: 1.3 % Gross/ Digestible energy (MJ): 21.0/ 19,1

protein, hydrolysed protein, yeast, vitamins, minerals and amino acids.	
Zander B **Futter B: Aller Sturgeon Rep Ex 11 mm** Fish meal, wheat, wheat gluten, corn gluten, fish oil, yeast, krill meal, vitamins and minerals.	Crude protein: 52 %, Crude fat: 12 % NFE: 17.9 %, Ash: 9 %, Fibre: 1.1 % P in dry matter: 1.7 %, Na in dry matter: 0,4 % Ca in dry matter total. 1,8 % Gross/ Digestible energy (MJ): 20.3/ 18.5
Zander C **Futter C: Biomar floating** Fish oil, wheat, filed peas, soya cake, tapioka starch monocalcium phosphate, Lysin	Crude protein: 52 %, Crude fat: 16 % Ash: 9,4 %, Fibre: 0,4 % P in dry matter: 1.5 %, Na in dry matter: 0,61 % Ca in dry matter total. 1,9%
Zander D **Futter D: Biomar sinking** Fishmeal, fish oil, wheat gluten, maize gluten, field peas, wheat	Crude protein: 54 %, Crude fat: 20% Ash: 9,2 %, Fibre: 0,5 % P in dry matter: 1.4 %, Na in dry matter: 0,73 % Ca in dry matter total. 2,0%

Die Qualitätsuntersuchungen erfolgen am Max Rubner-Institut in Hamburg. Die entsprechenden Analysensysteme stehen zur Verfügung und werden dort im Routinebetrieb eingesetzt.
Folgende Untersuchungen wurden durchgeführt:

1. Schlachtdaten der gelieferten Fische:
amK, aoK, intraviscerales Fettgewebe, Filetanteil

2. Chemische Untersuchungen
Die Bestimmungen der Zusammensetzung und erwünschten Inhaltsstoffe des essbaren Anteils (Filet ohne Haut) erfolgten mit folgenden Methoden:

2.1. Gesamtfett (Bestimmung nach Smedes, 1999):
Durchführung: Extraktion des Fettes mit Cyclohexan und 2-Propanol. Überführung des Fettes in die Cyclohexanphase durch Zugabe von Wasser. Phasentrennung durch Zentrifugation. Gravimetrische Fettbestimmung nach Abtrennung und Einengung der Cyclohexanphase.

2.2. Gesamteiweiß nach Dumas:

Die Eiweißbestimmung wurde mit einem TruSpec N (Leco Instruments GmbH, Mönchengladbach) durchgeführt. Dabei wird die homogenisierte Fischprobe in reinem Sauerstoff verbrannt, störende Verbindungen im Gasgemisch entfernt, entstandene Stickstoffoxide zu Stickstoff reduziert und dieser über die Veränderung der Wärmeleitfähigkeit quantitativ bestimmt. Der Gesamteiweißanteil errechnet sich durch Multiplikation des prozentualen Stickstoffgehaltes mit 6,25 (AOAC, 2005).

2.3 Trockensubstanzbestimmung und Mineralstoffgehalt (Asche):

Die Bestimmung der Trockensubstanz (daraus berechnet: Wassergehalt) erfolgte durch Trocknen der homogenisierten Proben bei 105° C für 12 Stunden. Der Mineralstoffgehalt wurde nach Veraschung der Probe bei 550° C gravimetrisch bestimmt.

2.4. Phosphorbestimmung:

Die Phosphorbestimmung erfolgte photometrisch mit einer modifizierten § 64-Methode: Gesamtphosphorgehalte in Fleisch 06.00-9.

Durchführung: Homogenisiertes Fischmaterial wird trocken verascht, anschließend wird die Asche in Salpetersäure hydrolysiert. Nach Zusatz einer salpetersauren Lösung von Ammoniummonovanadat und Ammoniumheptamolybdat zu einem aliquoten Teil dieser Lösung entsteht eine Gelbfärbung, deren Extinktion photometrisch gemessen wird. Die Extinktion ist der Phosphorkonzentration direkt proportional.

2.5. Freie Aminosäuren

Die Gehalte an freien Aminosäuren inklusive Taurin wurden im Perchlorsäureextrakt der homogenisierten Fischmuskelprobe (von einzelnen Tieren oder von Poolproben) nach Vorsäulenderivatisierung mit o-Phthaldialdehyd (OPA) und 9-Fluorenylmethylchlorformat (FMOC) mittels Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC) ermittelt. Die HPLC-Bestimmung von 22 fluoreszierenden Aminosäurederivaten erfolgte nach der Trennung auf einer Reversed-phase Säule mittels Lösemittelgradienten über einen internen Standard in Anlehnung an Krömer et al. (http://www.phenomenex.com/Application/Detail/15992). Ein kommerzieller Aminosäurestandard (Sigma-Aldrich A 2161) wurde zur Qualitätskontrolle regelmäßig analysiert.

2.6. Bestimmung der Fettsäuren

Die Fettsäuremuster wurden mittels Gaschromatographie bestimmt. Das Fett wurde aus dem Homogenat einer Poolprobe (aus Filets von 5 Fischen) extrahiert, die enthaltenen Fettsäuren wurden in eine flüchtige Form umgewandelt (methyliert), so dass sie gaschromatographisch bestimmt werden konnten. Zur Bestimmung der einzelnen Fettsäuren wurde ein Standardgemisch mit bekannten Fettsäuremethylestern herangezogen (DGF 1998, DGF 2000).

2.7. Selenbestimmung

Das Probenmaterial (ca. 0,5 g Futter, 1,5 g Fischmuskelhomogenisat) wurde durch einen Nassaufschluss mit einem HNO_3/H_2O_2 -Gemisch in einem Hochdruck-Aufschluss-System (ultraCLAVE III, MLS GmbH, Leutkirch) mit einem optimierten Temperatur-Zeit-Programm mineralisiert. Die Selengehalte der Aufschlusslösung wurden mit der Atomabsorptions spektrometrie (AAS)-Hydrid- Methode bestimmt. Dabei wurden die Selen-Ionen im sauren Medium durch Natriumborhydrid zu Selenwasserstoff reduziert und mit Argon als Trägergas in die beheizte Messküvette des AAS (High Resolution Continuum Source Atomabsorptionsspektrometer contrAA® 700, Analytik Jena) überführt. Die Absorption bei 196 nm diente als Maß für die Selenkonzentration. Die Eichung des Gerätes erfolgte in analoger Weise direkt mit aliquoten Teilen einer Selen-Standardlösung. Zur Qualitätskontrolle wurde parallel zu jeder Bestimmungsserie zertifiziertes Standardreferenzmaterial analysiert (IAEA 407).
Untersuchungsergebnisse werden nachgereicht.

3. Instrumentelle Messungen:

3.1. pH-Wert

Die Messung erfolgte mit einer Glas-Einstechelektrode in einem 1:1 verdünnten Muskelhomogenisat (ca. 20 g).

3.2. Textur und Menge an auspressbarem Wasser

Die Textur und die Menge an auspressbarem Wasser (APW) wurden zusammen in einer Messung gemäß Schubring (2004) bestimmt. Dabei wird die Textur als die Kraft definiert, die für die Kompression einer Probe notwendig ist.

Durchführung: Jeweils 3-4 zylindrische Prüflinge (20 mm Durchmesser, ca. 15 mm Dicke) wurden entlang der Mittelgräte im Bereich des Kopf- und Mittelteils eines enthäuteten Fischfilets ausgestochen und gewogen. Jeder Prüfling wurde auf einer doppelten Filterpapierschicht mit einem SMS-Texturanalyser TA.XT2 (Stable Micro Systems, Godalming, GB) senkrecht zum Faserverlauf gepresst. Eine 25 kg Zelle (zylindrischer Aluminiumstempel von 50 mm Durchmesser) und eine Geschwindigkeit von 1,7 mm/s kamen bei der Bestimmung zum Einsatz. Die Prüflinge wurden auf 75 % ihrer Ausgangshöhe zusammengepresst, an diesem Punkt 15 s belassen und erneut gewogen. Bei der Bestimmung des auspressbaren Wassers wird automatisch die für die Kompression erforderliche Kraft bestimmt.

Berechnung: APW % = 100 (Anfangsgewicht-Endgewicht) / Anfangsgewicht

4. Sensorische Untersuchungen

Mit der sensorischen Prüfung wurden die Qualitätsparameter Geschmack - Geruch - Konsistenz – Aussehen gleichzeitig bewertet.

Am MRI-Hamburg steht ein erfahrenes und geschultes Team für die Bewertung von Süßwasserfisch zur Verfügung. Als Software kommt in diesem Bereich das Programm FIZZ der Firma Biosystemes zum Einsatz.

Für die Verkostung wurden die Filets von jeweils 5 Fischen aufgeteilt in mehrere Stücke im Kochbeutel bei 80 °C gegart. Die Zuordnung der Filetstücke auf die Prüfer war bekannt. Die sensorische Beurteilung erfolgte mit einer Profilprüfung. Dafür wurden vorab ein Bewertungsschema für Zander entwickelt und eine Prüferschulung durchgeführt.

Ergebnisse

Chemische Zusammensetzung der Futtermittel

Bezeichnungen: Aufzucht Futter A und B→ Zander A und B

Aufzucht Futter C (Floating) und D (Sinking) → Zander C und D

Aufzucht E → Kontrolle (= Futter A)

Untersucht wurde eine Zufallsstichprobe der verschiedenen Futter (Tabelle 11). Wie deklariert, hatte (das sinkende) Futter D den höchsten Fettanteil.

Die Untersuchung der Futter des 2. Versuchsdurchgangs ist noch nicht abgeschlossen.

Tab. 11: Analytisch ermittelte Zusammensetzung der in der letzten Aufzuchtphase eingesetzten Futtermittel (fehlende Werte folgen)

	Wasser	**Protein**	**Asche**	**Fett**	**P_2O_5**	**NaCl**
	%	%	%	%	g/kg	%
Futter A	8,0	54,4	6,5	12,4		1,1
Futter B	10,4	50,4	9,2	11,2		2,3
Futter C				15,5		
Futter D				22,4		
Futter E				15,6		

Chemische Zusammensetzung der KLA Zanderfilets

Es wurde die chemische Zusammensetzung der enthäuteten Filets von jeweils 10 Einzelfischen pro Fütterungsvariante analysiert. Die Ergebnisse werden in Tabelle 12 zusammengefasst. Signifikante Unterschied in der Grundzusammensetzung zwischen den verschiedenen Aufzuchtversuchen wurden nicht festgestellt.

Die Wassergehalte der Filets waren zwischen den Gruppen nahezu identisch und bewegten sich im Mittel zwischen 76,8 % und 78,2 %. Der Proteinanteil variierte nur gering: es wurden mittlere Proteinanteile von 20,2 % bis 23,3 % ermittelt. Der prozentuale Anteil der Mineralstoffe (Asche) im Filet war ebenfalls fast gleich. Die Phosphatgehalte bewegten sich im Bereich zusatzstofffreier Fischfilets.

Die Ganzkörper (Zander A und B) hatten erwartungsgemäß niedrigere Wasser- und Proteingehalte. Da hier Haut und Knochen/Gräten mitbestimmt wurden, sind die Analysenwerte für den Asche- und den Phosphatgehalt deutlich höher. Energiereserven werden in Form von perivisceralen Fettgewebe gespeichert, was einen Anstieg auf knapp 7 % zur Folge hatte.

Zander gehören zu den Magerfischen. Die festgestellten Fettgehalte über 1 % im Fleisch sind deutlich höher als im Wildzander. Allerdings traten innerhalb aller fünf Fütterungsgruppen erhebliche variierende Fettgehalte auf, die einen Rückschluss auf die eingesetzten Futter nicht zulassen. So wurden bei den Zanderfilets der Gruppe A Fettgehalte im Muskelfleisch zwischen 1,0 % und 2,6 % gemessen (Gruppe B: 0,6-2,2 %). Eine ähnliche Variabilität gilt für die untersuchten Ganzkörperhomogenisate der Fütterungsgruppen A und B. Die Bandbreite der gemessenen Fettgehalte in den Filets der Zandergruppen A und B wird in Abbildung 40 dargestellt. Insgesamt konnten keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Fettgehalte zwischen den Gruppen festgestellt werden.

Tab. 12: Chemische Zusammensetzung (Mittelwerte ± Standardabweichung; Min-Max) in Ganzkörperhomogenisaten und Filets der KLA Zander der Fütterungsgruppen A, B, C, D und E

	Wasser	**Protein**	**Asche**	**Fett**	**P_2O_5**	**NaCl**
	%	%	%	%	g/kg	%
Filet Futter A (n=10)	78,0±0,6 (77,1-78,6)	20,2±0.4 (19,4-20,7)	1,0±0,1 (0,9-1.2)	1,6±0,5 (1.0-2.6)	4,3±0,4 (3.7-4.7)	0,2±0,1 (0,1-0,2)
Ganzkörper Futter A (n=5)	70,0±0,9 (69,0-71,4)	18,7±0,5 (18,3-19,3)	4,7±0,8 (3,3-5,4)	6,6±0,8 (5,3-7,4)	18,4±3,4 (12,7-20,0)	0,2 (0,2-0,3)
Filet Futter B (n=10)	78,2±1,0 (77,2-80,7)	20,3±0,6 (18,9-21,1)	1,1±0,1 (1,0-1,1)	1,3±0,5 (0,6-2,2)	4,1±0,3 (3,7-4,4)	0,2 (0,1-0,2)
Ganzkörper Futter B	69,9±1,6 (68,5-72,5)	18,3±0,4 (17,8-18,8)	4,6±0, (3,8-5,4)	6,9±0,9 (5,5-7,6)	18,6±3,1 (15,2-22,09)	0,2 (0,1-0,2)

(n=5)

Filet Futter C (n=10)	76,8±1.1 (74,1-77,7)	21,6±0,4 (20,8-22,0)	1,3±0,1 (1,1-1,4)	1,0±0,1 (0,8-1,3)	4,9±0,35 (4,3-5,7)	0,2 (0,1-0,2)
Filet Futter D (n=10)	77,2±0,7 (75,5-78,9)	23,3±2,3 (21,1-24,5)	1,3±0,1 (1,1-1,4)	1,3±0,3 (0,9-1,9)	5,2±0,6 (4,9-5,1)	0,2 (0,1-0,2)
Filet Futter E (n=5)	77,8±0,4 (77,3-78,3)	22,2±0,4 (21,7-22,7)	1,2±0 (1,2-1,3)	0,9±0,1 (0,8-1,1)	5,1± 0,3 (4,9-5,4)	0,2 (0,1-0,2)

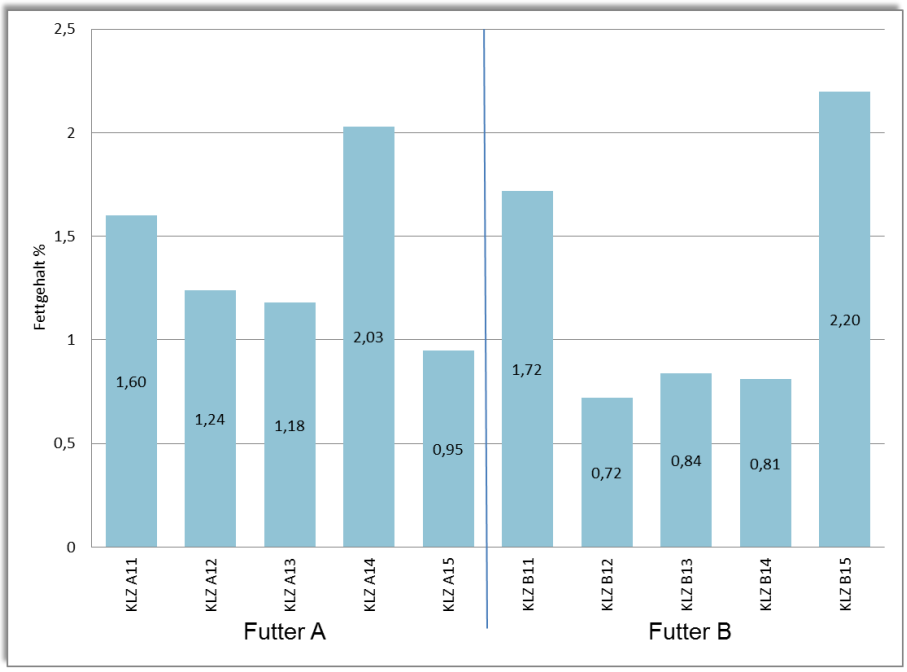


Abb. 40: Bandbreite der gemessenen Fettgehalte im Muskelfleisch von Zandern der Fütterungsgruppen A und B

Fettsäurespektrum im Futter und in den Filets

Die Zusammensetzungen der Fettsäuren im Fettanteil der Filets sind in Tabelle 13 dargestellt. Wie zu erwarten, variierten die Anteile der einzelnen Fettsäuren aufgrund der unterschiedlichen Futterkomponenten. Doch sind die Unterschiede nicht so ausgeprägt, wie es die Fettsäurezusammensetzungen der jeweiligen Futter erwarten lassen.

Der erhöhte Gehalt der Ölsäure und Linolsäure in den Futtern A und E (Kontrolle = Wiederholung Futter A) wurde zwar in den untersuchten Filets nachgewiesen, aber nicht in einem bemerkenswerten Maße. Durch die Aufnahme anderer Futterkomponenten verminderte sich insgesamt der Anteil der n-3 Fettsäuren EPA und DHA in diesen Probengruppen. Festzustellen ist, dass sich hier auch die durchschnittlichen Gehalte im Filet der mit den gleichen Futtern A und E gefütterten Tiere unterschieden. Zwischen den Filets der Futtergruppen C und D wurden nur

geringe Unterschiede festgestellt. Hier gab es viele Übereinstimmungen, da beide Futter nahezu identisch waren.

Zusammengefasst zeigten die Proben der A und B- Futtergruppen häufiger ähnliche Werte und unterschieden sich deutlich von den Futtergruppen C und D. Die Summe der n-3 Fettsäuren ist in den Futtergruppen A und E wesentlich niedriger als in den übrigen Futtergruppen, dafür liegt der Anteil der n-6 Fettsäuren höher.

Tabelle 13: Prozentuale Anteile ausgesuchter Fettsäuren am Fettsäurespektrum in den Filets (100% = Gesamtheit der aller Fettsäuren)

FSME (in %)	**Filet, Futter A**	**Filet, Futter B**	**Filet, Futter C**	**Filet, Futter D**	**Filet, Futter E**	**Bauchfett Futter A**	**Bauchfett Futter A**
Fettgehalt (%)	1,58	1,38	1,00	1,24	0,94	86,30	89,95
Myristinsäure C14:0	2,75	2,93	2,04	2,42	1,33	4,42	5,42
Pentadecansäure C15:0	0,29	0,34	0,40	0,43	0,17	0,32	0,47
Palmitinsäure C16:0	16,02	17,07	21,47	19,77	18,83	11,93	13,62
Palmitoleinsäure C16:1n7	4,60	4,59	2,98	3,72	2,12	5,98	7,14
Heptadecansäure C17:0	0,21	0,26	0,41	0,41	0,20	0,43	0,21
Stearinsäure C18:0	2,74	3,17	4,90	4,14	4,17	1,09	1,28
Elaidinsäure C18:1n9t	0,18	0,16	0,29	0,33	0,26	0,00	0,00
Ölsäure C18:1n9c	25,69	21,45	14,43	16,75	24,33	35,77	28,24
Vaccensäure C18:1n7	2,87	2,81	2,90	2,92	3,15	3,23	3,26
Linolsäure C18:2n6	10,48	8,83	6,50	6,01	12,69	14,65	12,73
γ-Linolensäure C18:3n6	0,07	0,09	0,04	0,04	0,05	nn	0,08
α-Linolensäure C18:3n3	2,77	2,22	1,06	1,22	2,30	3,89	2,85
Stearidonsäure C18:4n3	0,75	0,80	0,33	0,46	0,19	0,93	1,19
Gondosäure C20:1n9	1,57	1,40	1,12	1,37	1,15	2,50	2,10
Eicosadiensäure C20:2n6	0,21	0,20	0,31	0,35	0,40	0,18	0,21
Arachidonsäure C20:4n6	0,82	1,05	1,88	1,65	1,51	0,34	0,52

EPA Eicosapentaensäure C20:5n3	5,37	6,67	6,11	5,85	3,89	3,47	5,63
Cetoleinsäure	0,32	0,29	0,10	0,20	0,04	0,58	0,51
Erucasäure C22:1n9	0,24	0,18	0,00	0,00	0,02	0,53	0,41
Docosatetraensäure C22:4n6	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
DPA Docosapentaensäure C22:5n3	1,26	1,50	1,27	1,31	1,28	0,88	1,26
DHA Docosahexaensäure C22:6n3	16,45	19,28	28,11	26,38	19,78	5,53	7,80
Summe Ω-3	**26,59**	**30,47**	**36,88**	**35,22**	**27,45**	**14,69**	**18,73**
Summe Ω-6	**11,58**	**10,18**	**8,74**	**8,06**	**14,64**	**15,17**	**13,53**
ges. FSME	**22,01**	**23,76**	**29,22**	**27,17**	**24,70**	**18,19**	**20,99**
unges. FSME	**35,16**	**30,60**	**21,72**	**25,09**	**31,03**	**48,00**	**41,15**
mehrf. unges. FSME	**38,17**	**40,65**	**45,62**	**43,28**	**42,09**	**29,86**	**32,26**

FSME = Fettsäuremethylester; nn = nicht nachgewiesen; ges. = gesättigte; unges. = ungesättigt; mehrf. = mehrfach

Tabelle 14: Prozentuale Anteile ausgesuchter Fettsäuren am Fettsäurespektrum in den Futtermitteln (100% = Gesamtheit aller Fettsäuren)

FSME (in %)	**Futter A**	**Futter B**	**Futter C**	**Futter D**	**Futter E**
Fettgehalt (%)	12,43	11,22	15,48	22,42	15,62
Myristinsäure C14:0	2,22	6,85	5,56	5,68	2,30
Pentadecansäure C15:0	0,00	0,56	0,65	0,68	0,25
Palmitinsäure C16:0	10,19	18,29	18,85	19,00	10,90
Palmitoleinsäure C16:1n7	2,84	6,52	5,83	5,92	2,52
Heptadecansäure C17:0	0,00	0,43	0,70	0,73	0,23
Stearinsäure C18:0	2,15	3,59	3,93	4,06	2,66
Elaidinsäure	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

C18:1n9t					
Ölsäure C18:1n9c	40,99	13,06	19,83	19,88	43,70
Vaccensäure C18:1n7	3,58	3,03	3,00	3,06	3,06
Linolsäure C18:2n6	17,89	7,73	9,08	6,82	17,25
γ -Linolensäure C18:3n6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
α -Linolensäure C18:3n3	5,84	1,60	1,86	1,75	6,06
Stearidonsäure C18:4n3	0,65	1,99	1,21	1,28	0,54
Gondosäure C20:1n9	3,35	1,72	2,11	2,24	1,88
Eicosadiensäure C20:2n6	0,28	0,19	0,37	0,39	0,36
Arachidonsäure C20:4n6	0,22	0,92	0,89	0,94	0,25
EPA Eicosapentaensäure C20:5n3	3,02	12,12	7,77	8,01	2,62
Cetoleinsäure	1,69	1,21	1,33	1,43	0,73
Erucasäure C22:1n9	0,92	0,00	0,28	0,29	0,35
Docosatetraensäure C22:4n6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DPA Docosapentaensäure C22:5n3	0,53	1,40	1,22	1,27	0,50
DHA Docosahexaensäure C22:6n3	3,36	11,06	10,68	11,36	2,59
Summe Ω-3	13,40	28,18	22,74	23,66	12,31
Summe Ω-6	18,39	8,84	10,34	8,15	17,86
ges. FSME	14,56	29,71	29,70	30,16	16,34
unges. FSME	51,68	24,33	31,05	31,40	51,51
mehrf. unges. FSME	31,79	37,02	33,08	31,81	30,17
EPA	3,02	12,12	7,77	8,01	2,62
DHA	3,36	11,06	10,68	11,36	2,59

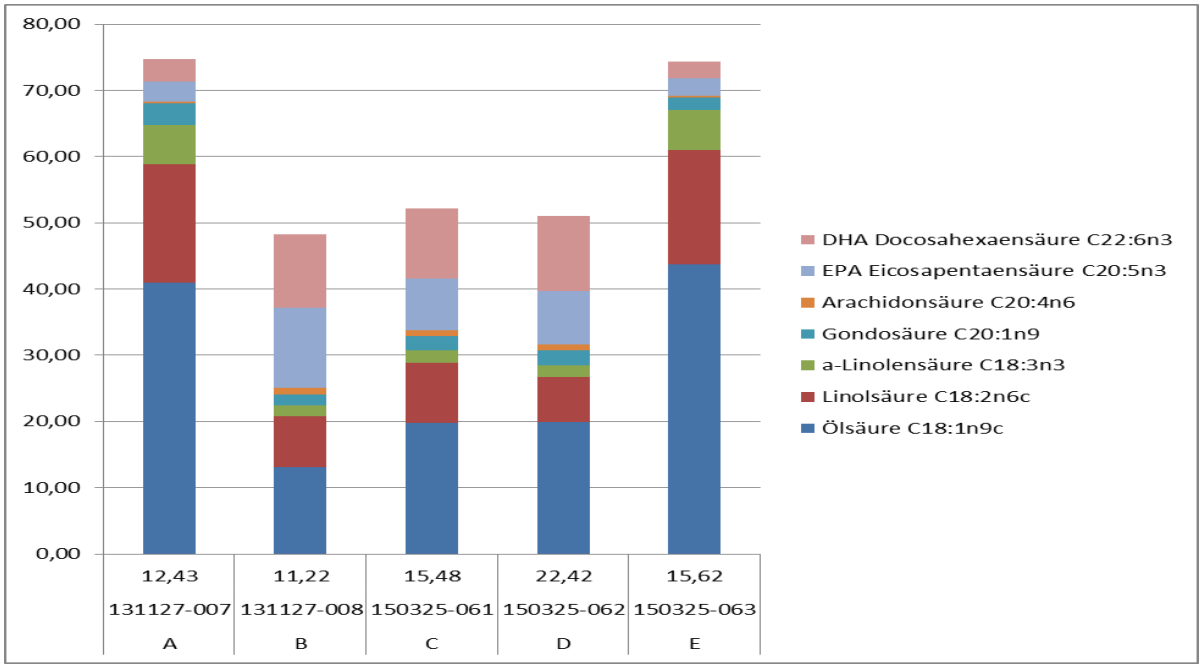


Abb. 41: Muster ausgesuchter Fettsäuren der Futter A, B, C, D und E

Abbildung 41 zeigt, dass die Futtermittel deutliche Unterschiede in ihrer Fettsäurezusammensetzung aufweisen. Auffällig ist der höhere Gehalt an Ölsäure und Linolsäure in den Futtern A und E, was durch den Gehalt an Rapsöl bedingt ist. Entsprechend hoch ist der Anteil einfach ungesättigter Fettsäuren. Auch der Gehalt an α-Linolensäure ist deutlich erhöht. Die Anteile der langkettigen omega-3-Fettsäuren EPA und DHA liegen mit 5,6 % im Fettanteil um den Faktor 4 niedriger als in den anderen Futtermitteln B, C und D mit durchschnittlich 19,8%. Hier machen die Palmitin- und Ölsäure sowie EPA und DHA den größten Anteil aus. Der Gehalt an Ölsäure dagegen beträgt jedoch im Vergleich nur die Hälfte der Futter A und E. Die Futter B, C und D verfügen bei einem vergleichbar hohen bis höheren Fettgehalt gegenüber A und E insgesamt über einen sehr hohen Anteil an langkettigen n-3 Fettsäuren (22 bis 28 % im Fett).

Aus der Abbildung 42 wird deutlich, dass Zander, die das gleiche Futter erhalten haben, auch vergleichbare Muster aufweisen.

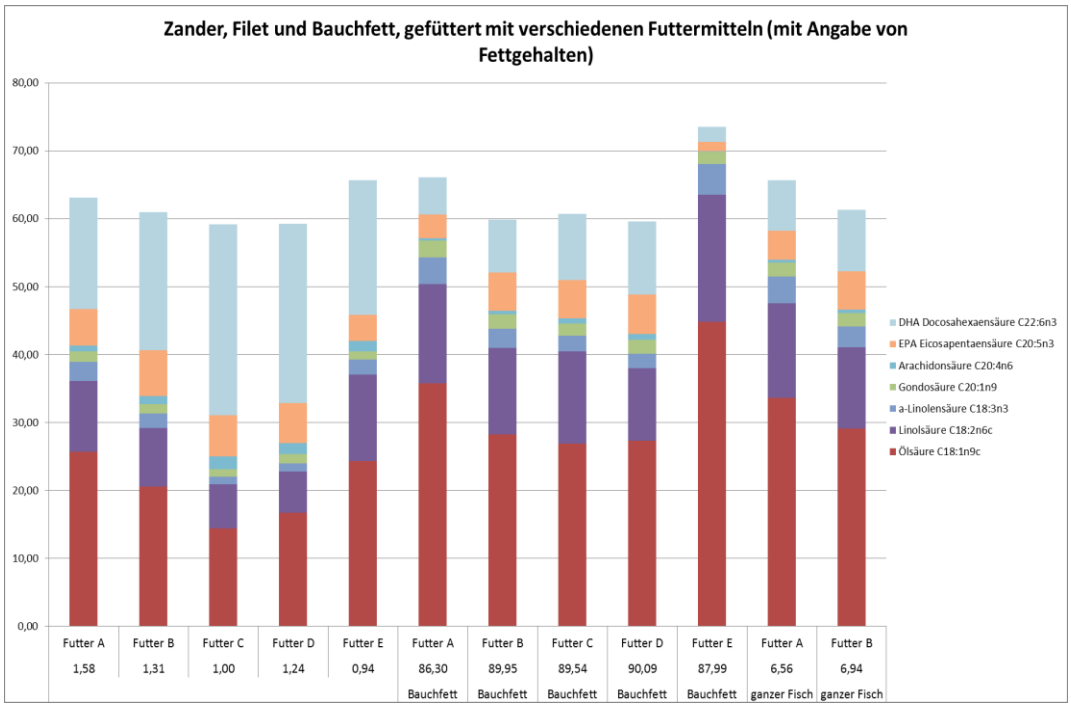


Abb. 43: Fettsäuremuster der der untersuchten Futter, Bauchfette und Gesamtfische

Tabelle 15 fasst die n-3 und n-6 Fettsäuregruppen im Fischmuskel und Bauchfett und im Futter zusammen. Die Gehalte an Docosahexaensäure und Eicosapentaensäure in 100 g Filet sind Näherungswerte, da sie bezogen auf die Fettsäuremethylester berechnet wurden.

Tab. 15: Vergleich von Fettsäuregruppen und ausgesuchten Fettsäuren im Fischmuskel/Bauchfett der KLA-Zander und im Futter ([1]DHA = Docosahexaensäure, [2] EPA = Eicosapentaensäure, [3]Näherungswerte in 100 g Filet)

Gruppe		Fett %	Anteil ω-3 % im Fett	Anteil ω-6 % im Fett	DHA [1] g/100 g [3]	EPA [2] g/100 g [3]
	Filet	1,6	26,6	11,6	0,4	0,2
A	Bauchfett	86,3	14,7	15,2	12,7	13,1
	Futter	12,4	13,4	18,4	1,7	2,3
	Filet	1,3	30,4	10,1	0,4	0,1
B	Bauchfett	90,0	18,7	13,5	16,9	12,2
	Futter	11,2	28,2	8,8	3,2	1,0
	Filet	1,0	36,9	8,7	0,4	0,1
C	Bauchfett	89,5	-	-		
	Futter	15,5	22,7	10,3	3,5	1,6
D	Filet	1,0	35,2	8,1	0,4	0,1

Gruppe		Fett %	Anteil ω-3 % im Fett	Anteil ω-6 % im Fett	DHA [1] g/100 g [3]	EPA [2] g/100 g [3]
	Bauchfett	90,1	-	-		
	Futter	22,4	23,7	8,2	5,3	1,8
	Filet	0,9	27,5	14,6	0,2	0,1
E	Bauchfett	88,0	-	-		
	Futter	15,6	12,3	17,9	1,9	2,8

Freie Aminosäuren

Aminosäuren liegen überwiegend gebunden in Proteinen und Peptiden vor. Darüber hinaus dienen sie aber auch als Ausgangsstoffe von Aroma- und Farbstoffen in gegarten Lebensmitteln. Ferner können sie zum Geschmack eines Lebensmittels beitragen. So zeichnet sich beispielsweise Glycin durch einen süßlichen Geschmack und Glutaminsäure durch einen umami-Geschmack aus, während andere Aminosäuren auch bitter schmecken können.

Die freien Aminosäuren im Gewebe eines Fisches resultieren aus den im Futter vorkommenden Aminosäuren und dem im betreffenden Gewebe stattfindenden Proteinstoffwechsel, so dass sie das Aminosäureprofil des Futters nicht genau widerspiegeln können.

In den Filets der untersuchten Zander lagen die Gesamtgehalte an freien, d.h. nicht proteingebundenen, Aminosäuren bei allen Gruppen zwischen 0,30 und 0,51 %. Die mittleren Gehalte an den häufigsten freien Aminosäuren sowie die Summen an unentbehrlichen, bedingt unentbehrlichen und entbehrlichen Aminosäuren sind in Tabelle 6 aufgeführt.

Zur Fraktion der bedingt unentbehrlichen Aminosäuren wird auch Taurin gerechnet, das in allen Filets die am häufigsten anzutreffende Aminosäure war (88 -187 mg/100 g). Die gefundenen Gehalte sind vergleichbar mit den Gehalten in den Filets anderer Fischarten (Karl et al. 2013).

In allen untersuchten Proben war der Anteil an unentbehrlichen und bedingt unentbehrlichen freien Aminosäuren höher als der Anteil an entbehrlichen Aminosäuren.

Tab. 16: Vergleich von freien Aminosäuren im Fischmuskel

Fisch gefüttert mit:	Futter A	Futter B	Futter C	Futter D	Futter E
Protein %	20,2	20,3	21,6	21,7	20,7
Häufigste freie Aminosäuren			mg/100 g		
Histidin	37	27	66	56	45
Taurin	**118**	**145**	**143**	**187**	**88**
Glycin	49	29	83	84	44
Alanin	28	20	37	40	28

Glutaminsäure	23	20	48	52	32
Summen					
∑ unentbehrliche fAS	73	57	116	99	83
∑ bedingt unentbehr. fAS	123	153	156	203	94
∑ entbehrliche fAS	126	89	208	210	124
∑ alle fAS	323	299	481	512	301

Unentbehrliche AS: Histidin, Isoleucin, Leucin, Lysin, Methionin, Phenylalanin, Threonin, Tryptophan, Valin

Bedingt unentbehrliche AS: Arginin, Glutamin, Taurin, Tyrosin

Entbehrliche AS: Alanin, Asparagin, Asparaginsäure, Glutaminsäure, Glycin, Prolin, Serin

Aus der Abbildung 44 wird deutlich, dass die durchschnittliche prozentuale Zusammensetzung aller untersuchten freien Aminosäuren im Muskelfleisch der untersuchten Zander ähnliche Muster ergaben.

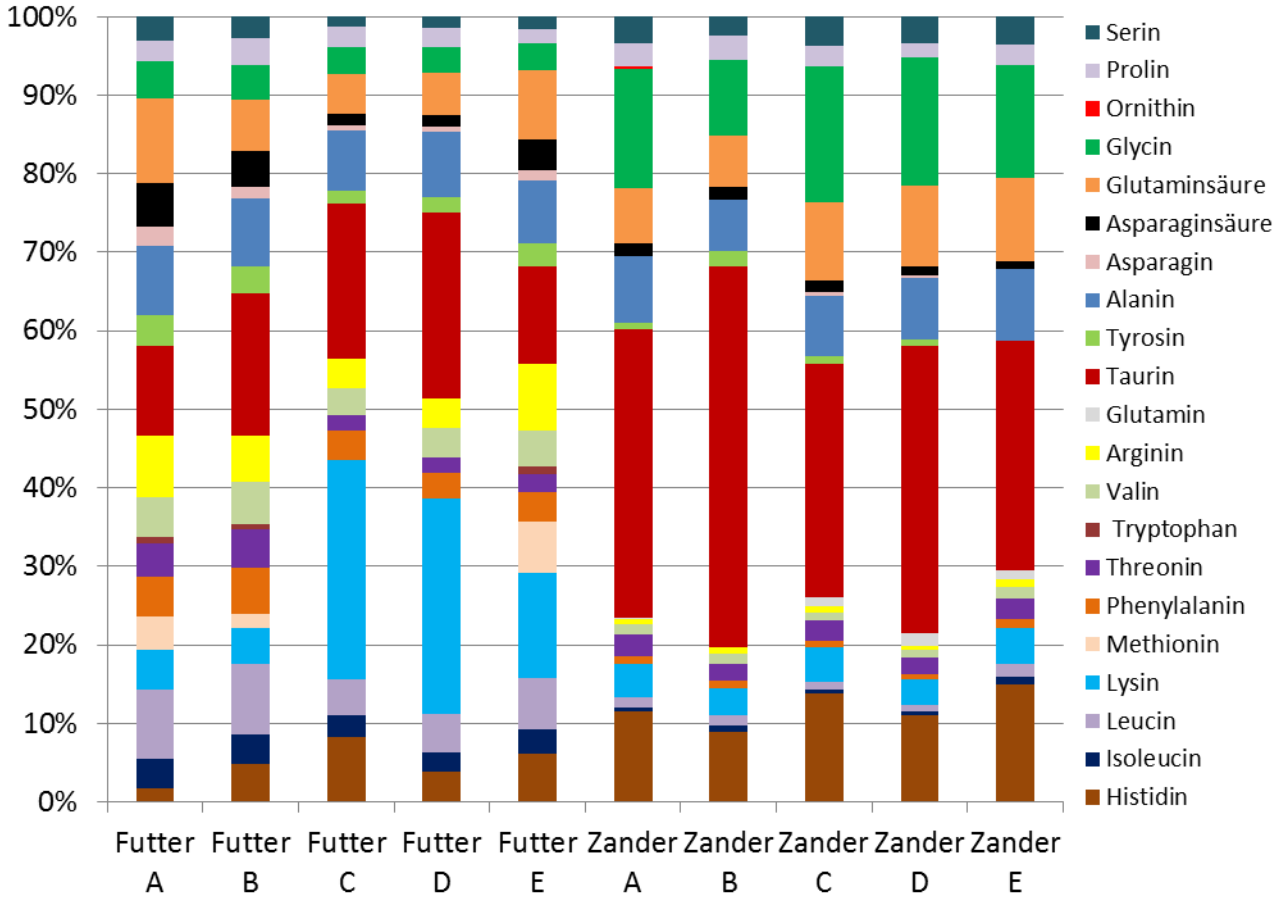


Abb. 44: Durchschnittliche prozentuale Zusammensetzung aller freien Aminosäuren in den Futtern A-E und in den zugehörigen den Zanderfilets

Selengehalte in den Futtermitteln und den Filets

Die Selengehalte der Futtermittel und Filets werden nachgereicht.

Wasserbindungsvermögen und Textur

Das Wasserbindungsvermögen ist definiert als die Fähigkeit von Gewebe, sein eigenes und/oder zugesetztes Wasser bei Einwirkung einer Kraft zurückzuhalten**.** Das auspressbare Wasser (APW) hingegen ist das freie Wasser, das ein Proteinsystem bei Anwendung von Kraft freisetzt. Die Menge an auspressbarem Wasser bei einem Gewebe ist umso höher, je geringer dessen Wasserbindungsvermögen ist.

Der Wassergehalt eines Fisches ist im Wesentlichen von seinem Ernährungszustand und seiner Geschlechtsreife abhängig. Der Zustand des Eiweißes bestimmt darüber, wie viel Wasser im Muskelgewebe zurückgehalten werden kann. Der Zander enthält als Magerfisch bei einem Proteingehalt von ~ 20% etwa 80% Wasser im Filet.

Die Abbildungen 5 und 6 enthalten die gemittelten Werte an auspressbarem Wasser und die aufzuwendende Kraft zur Bestimmung des APW-Wertes im Filet frischer Zander, die mit unterschiedlichen Futtern aufgezogen wurden. Die APW-Werte (Abb. 45) lagen bei den Futtern A bis E zwischen 1,0 und 1,5 %.

Die geringste Menge an auspressbarem Wasser und damit die beste Wasserbindung wiesen die mit Futter B aufgezogenen Zander auf. Die APW-Werte aller Fütterungsgruppen waren jedoch ähnlich niedrig, alle frischen Zanderfilets besaßen somit ein hohes Wasserbindungsvermögen. Seesaiblinge und Bachforellen aus der Zucht haben bei gleichen Versuchsbedingungen höhere Werte.

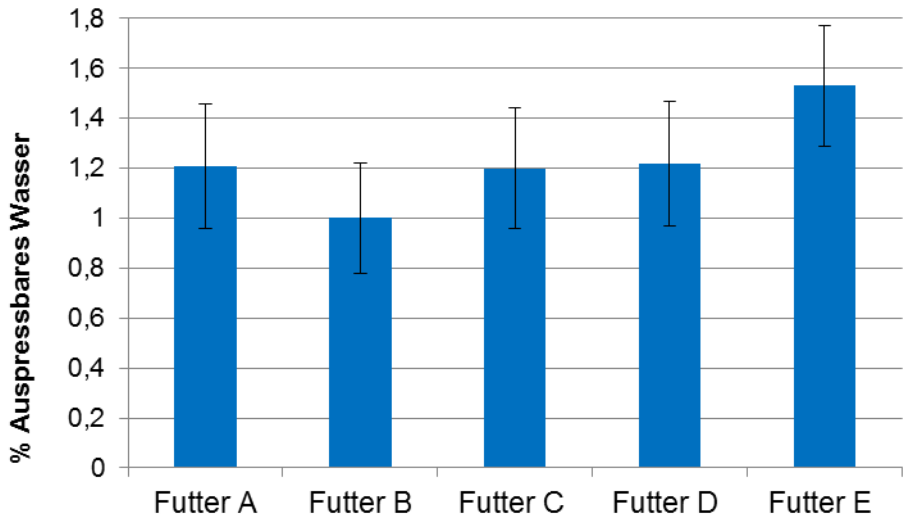


Abb. 45: Auspressbares Wasser (MW ± STD) in den Zanderfilets der 5 Fütterungsgruppen

Abbildung 46 zeigt die aufzuwendende Kraft zur Bestimmung des APW-Wertes für die Filets der unterschiedlich gefütterten Zandergruppen. Bei den mit Futter A aufgezogenen Fischen musste deutlich mehr Kraft aufgewendet werden, d.h. der Widerstand gegen das Eindringen des Messkörpers war bei diesen Proben größer, als dies bei den anderen Gruppen der Fall war. Das Muskelfleisch der anderen Gruppen war sehr homogen. Die geringen Texturunterschiede lassen keine Rückschlüsse auf unterschiedliche Fütterungsbedingungen zu. Das Fleisch aller Tiere war recht fest.

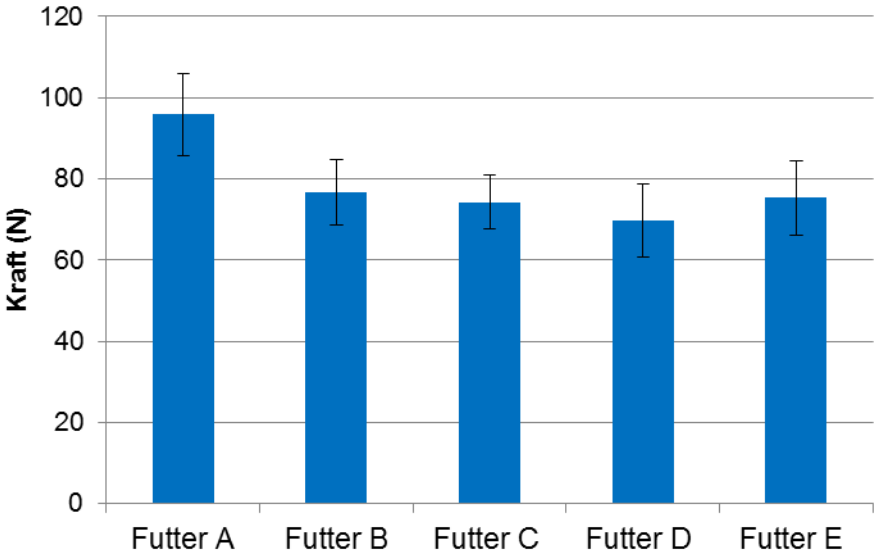


Abb. 46: Mittlere Kraftwerte (MW ± STD) für die Zanderfilets der 5 Fütterungsgruppen

Sensorik

Die sensorische Beurteilung der ungewürzt gegarten Zanderfilets erfolgte mit Parametern für das Aussehen, den Geruch, Geschmack und die Textur. Insgesamt wurden durch die Prüfergruppe 19 Attribute bewertet. Das Ergebnis ist in Form eines Spinnendiagramms in Abbildung 47 zu sehen. Die typischen erwünschten Eigenschaften von Süßwasserfischen wie „süßlich“, „aromatisch“ oder „zart“ wurden auch für die Beschreibung des Zanderfleisches benutzt. Negative Abweichungen im Geruch und Geschmack wie „erdig“, „schimmelig“ (auch „modrig“) und „Fremdgeschmack“ wurden zwar genannt, waren aber in der Ausprägung bis auf eine Ausnahme, in der in einem Filet ein deutlicher schimmeliger Geruch und Geschmack festgestellt wurde, als minimal einzustufen. Betrachtet man das Gesamtbild für die einzelnen Fütterungsgruppen, sind die Unterschiede bzw. Abstufungen zwischen den Attributen als gering anzusehen.

Gebratene Filets wurden in einer Beliebtheitssensorik im Vergleich zu Wildzander als weniger aromatisch, dafür aber auch reiner im Geschmack bewertet. Die Noten, die das Panel zwischen

1 und 6 (wie Schulnoten) vergab, lagen zwischen 1 und 3. Auch hier wurde ein Ausreißer mit 3 bis 5 abgewertet.

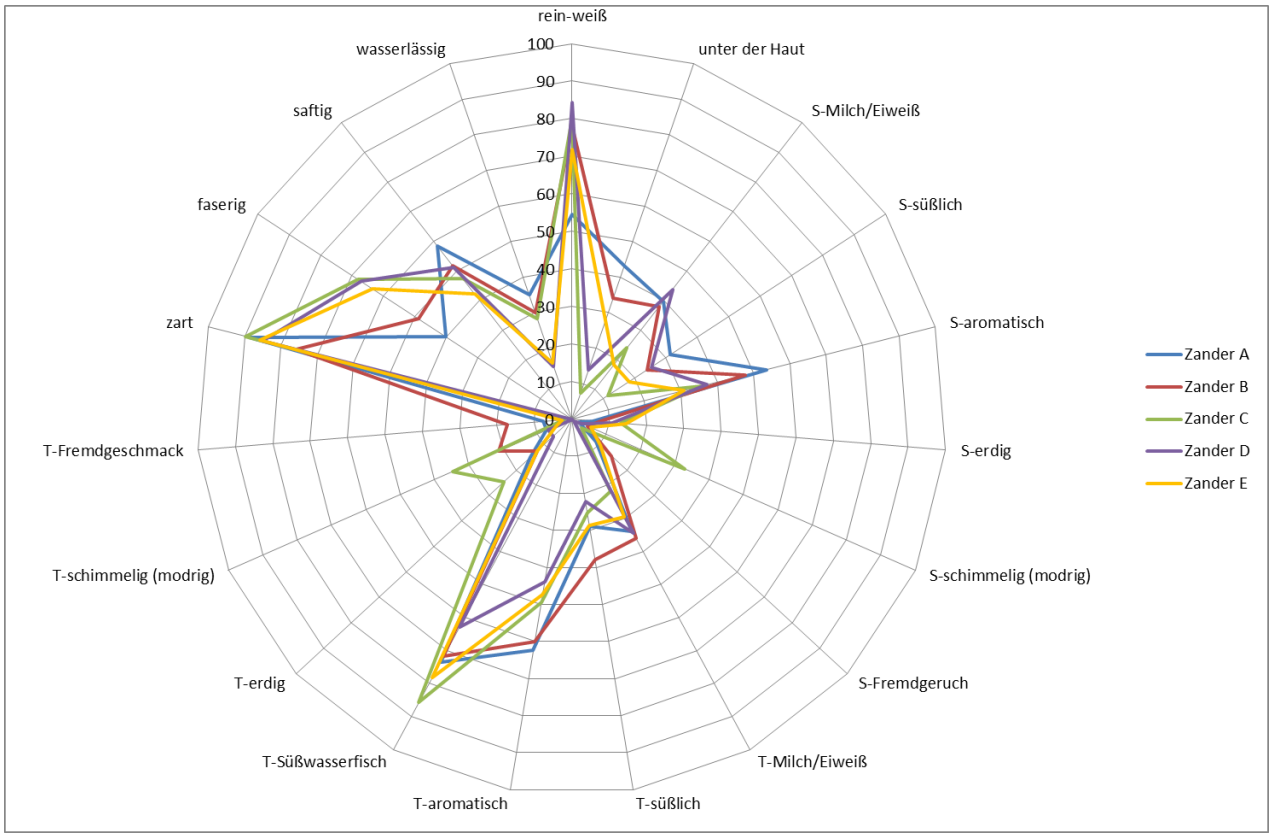


Abb.47: Spinnen-Netz-Diagramm mit den Attributen für die sensorische Beurteilung der gegarten Zanderfilets (Fütterungsgruppen A,B,C,D,E). Die Intensität nimmt mit dem Abstand vom Zentrum zu. S: Geruch, T: Geschmack

6. Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Untersuchung der marktreifen Zander zeigte, dass die eingesetzten Futtermittel keine systematischen Unterschiede bei den hier bestimmten chemischen, instrumentellen und sensorischen Parametern herbeiführten.

Die Analysenwerte der Fische bewegten sich im für Süßwasserfische zu erwartenden Rahmen.

Die empfohlene tägliche Zufuhrmenge an ∑ DHA+EPA sollte ca. 0,6-1,0 g betragen. Die Summe der essentiellen langkettigen n-3-Fettsäuren DHA+EPA lag bei bei den KLA-Zandern bei ca. 0,5 g/100 g Filet. Dies ist für einen Magerfisch aus der Zucht eine gute Größenordnung.

Die sensorischen Eigenschaften waren in wünschenswerten Ausprägungen vorhanden und gaben grundsätzlich keinen Grund für eine systematische Abwertung. Allerdings muss gewähr-

leistet sein, dass die typischen negativen Abweichungen in Richtung modrig/ schimmelig/muffig, die mit der Kultur in Kreislaufanlagen verbunden sein können, zuverlässig ausgeschaltet werden können.

Insgesamt kann dem Zander aus der Kreislaufanlage eine markt- und konkurrenzfähige Qualität bescheinigt werden, die insbesondere erheblich über der gängiger Import-Produkte aus dem TK-Bereich liegt.

Literatur

Antonacopoulos, N. (1973). Lebensmittelchemisch-rechtliche Untersuchung und Beurteilung von Fischen und Fischerzeugnissen. In: Fische und Fischerzeugnisse (ed. by W. Ludorff & V. Meyer), pp. 219. Verlag Paul Parey, Berlin & Hamburg, Germany.

AOAC, Association of Analytical Communities (2005) Method #968.06. In: Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th Ed.. AOAC International, Gaithersburg, U.S..

Burr, G.S., Wolters, W.R., Schrader, K.K., Summerfelt, S.T. (2012). Impact of depuration of earthy-musty off-flavors on fillet quality of Atlantic salmon, Salmo salar, cultured in a recirculating aquaculture system. Aquacultural Engineering 50, 28–36

Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft (2000). Gaschromatographische Bestimmungen der Fettsäuremethylester. DGF Einheitsmethode C-VI 10a.

Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft (1998).Fettsäuremethylierung. DGF-Einheitsmethode C-VI 11d.

Smedes, F. (1999). Determination of total lipid using non-chlorinated solvents. Analyst 124, 1711-1718.

Karl, H., Bekaert, K., Berge, J-P., Cadun, A., Duflos, G., Oehlenschläger, J., Poli, B.M., Tejada, M., Testi, S. & Timm-Heinrich, M. (2012) WEFTA interlaboratory comparison on total lipid determination in fishery products using the Smedes method. Journal of AOAC International 95, 1-5

Karl, H., Ostermeyer, U., Rehbein, H., Lehmann, I., Manthey-Karl, M. (2013) Schwankungen von Inhaltsstoffen bei Fischen. Rundschau für Fleischhygiene und Lebensmittelüberwachung 65 (2013) 142-145

LFGB, Lebensmittel- und. Futtermittelgesetzbuch (2008). Bestimmung des Gesamtphosphorgehaltes in Fleisch und Fleischerzeugnissen. Photometrisches Verfahren. 06.00/9. In: *Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach §64 LFBG*. Beuth-Verlag, Berlin. Available from: http://www.methodensammlung-bvl.de.

Schubring (1997). Anwendungsmöglichkeiten instrumenteller Texturanalyse zur Charakterisierung industriell hergestellter Farcen. Inf. Fischwirtsch. 44(3), 118-127.

Schubring, R. (2004). Instrumental colour, texture, water holding and DSC measurements on frozen cod fillets (*Gadus morhua*) during long term storage at different temperatures. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau* 100, 247-254.

Schulz, C., Knaus, U. Wirth, M., Rennert. B. (2005). Effects of varying dietary fatty acid profile on growth performance, fatty acid, body and tissue composition of juvenile pike perch (*Sander lucioperca*). Aquaculture Nutrion 11, 403-413.

Suttle, N.F.(2010). Mineral Nutrition of Livestock, 4th ed.; CAB International: Wallingford, UK,; Chapter 15

Undeland, I. (2009). Selected amino acids in fish. In: Marine Functional Food; Luten, J.B., Ed.; Academic Publishers: Wageningen, The Netherlands, pp. 43–47.

C.S. Tucker (2000). Off-flavor problems in aquaculture. Reviews in Fisheries Science , 45–88

Verbeke, W., Vanhonacker, F., Sioen, I., Van Camp, J., De Henauw, S. (2007). Perceived importance of sustainability and ethics related with fish: a consumer behaviour perspective. Journal of the Human Environment 36, 580-585.

4.12 Wassermanagement

Wasserrechtliche Genehmigungen zur Entnahme von Oberflächenwasser werden in Deutschland höchstens noch mit sehr strengen Umweltauflagen erteilt. Daher kann zukünftig auf die wachsende Nachfrage nach regional erzeugten Fischprodukten vorwiegend mit einer Intensivierung der Produktion reagiert werden. Die technische Entwicklung in der Forellenteichwirtschaft, aber insbesondere auch die steigende Anzahl Kreislaufanlagen in den letzten Jahren zeugen von diesem Trend (Brämick 2014). Aber auch in intensiven Aufzuchtsystemen besteht vielfach die Möglichkeit, die Wasserressourcen noch effektiver zu nutzen. Ein besonders innovatives Verfahren zur Wassereinsparung stellt die Wassernutzung des Instituts für Fischerei der Landesforschungsanstalt MV am Standort Hohen Wangelin dar. Dabei wird das Prozesswasser in verschiedenen Aquakulturanlagen für die Aufzucht unterschiedlicher aquatischer Organismen eingesetzt.

Aus zwei Tiefbrunnen (45 und 60 m) wird das Grundwasser zuerst in eine eingehauste Kaltwasser-(Teil)kreislaufanlage gepumpt (Abb. 48). Das Frischwasser wird vor der Einleitung durch einen Enteisenungsfilter geleitet und mit Schwefelsäure konditioniert (pH 7). Die Anlage besteht aus vier Fließkanälen mit einem Produktionsvolumen von insgesamt 350 m^3. Mit dem Filtersys-

tem beläuft sich das Gesamtvolumen der Anlage auf ca. 600 m^3. Die Wasserreinigung umfasst einen Trommelsiebfilter und zwei Bewegtbettfilter, in denen das Wasser biologisch aufbereitet wird. Zusätzlich wird das Wasser im Bypass über eine Kaskade geleitet, um das CO_2 zu entfernen. Bevor es wieder in die Fließkanäle gelangt, wird das Wasser über ein Anreicherungssystem (Jet - System) geleitet und mit Sauerstoff auf eine 140 %ige Sättigung angereichert (Jennerich und Schulz 2013). Durch die tägliche Wassertauschrate von ca. 40 % (3 l/s) schwankt die Wassertemperatur saisonunabhängig nur gering zwischen 12 und 14 °C. Die Nitratkonzentration im Wasser beträgt max. 150 mg/l (NH_4^+ < 1 mg/l; NO_2^- < 2mg/l). Die Anlage wird vornehmlich für die Mast von Regenbogenforellen (Zielgewicht: 400 g) genutzt. Die Satzfische werden dafür ausschließlich von einem seuchenfrei anerkannten Zuchtbetrieb bezogen. Der Besatz erfolgt im zweimonatigen Turnus mit 15 g schweren Setzlingen, die Produktionsdauer beträgt 10 Monate. Auf diese Weise werden mit einem Standing stock von 25 t jährlich max. 80 t Regenbogenforellen erzeugt.

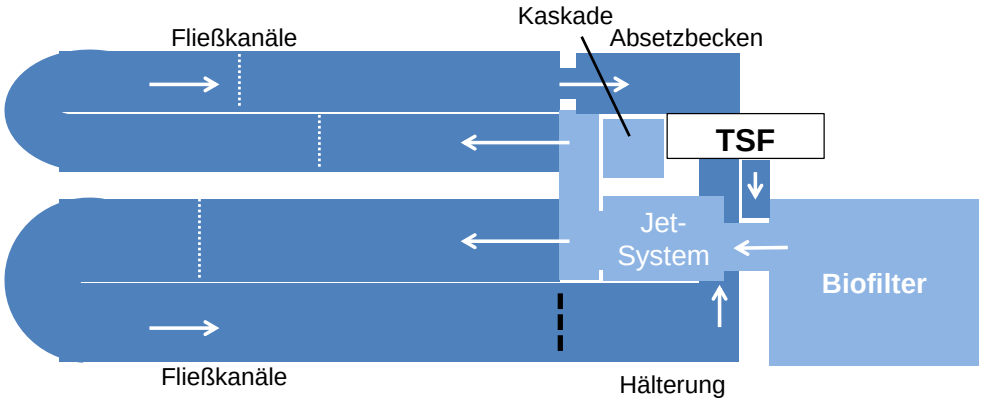


Abb. 48: Grundriss der Kaltwasser-(Teil)kreislaufanlage

Das ablaufende Wasser wird anschließend bei Bedarf mit Ozon desinfiziert. Die Ozonierung wird über das Redoxpotential des Wassers gesteuert. Erst bei einem Redoxpotential von +450 mV wird das Wasser in den Vorratstank (360 m^3) einer Warmwasser-Kreislaufanlage geleitet (Abb. 49). Dort wird es auf 20 °C erwärmt und das Restozon entfernt. Die Anlage verfügt über elf separate Kreislaufsysteme für die Reproduktion, Anfütterung und Aufzucht von Zandern (*Sander lucioperca*). Alle Kreisläufe sind den physiologischen Ansprüchen des Zanders entsprechend ausgestattet und an die Wachstumskriterien vom Ei bis zu einer Größe von bis zu 2 kg angepasst. Das Gesamtvolumen beträgt ca. 390 m^3, davon kann ein Haltungsvolumen von etwa 205 m^3 für die Produktion genutzt werden. Drei Kühlzellen wurden mit Kreislaufsystemen ausgestattet. In ihnen werden verschiedene Jahreszeiten simuliert, um die Zander außersaisonal zu reproduzieren. Die Gelege werden in einen Erbrütungskreislauf überführt, in dem die Larven nach etwa 90 °TG schlüpfen. Für die Anfütterung werden die Larven in ein anderes

Modul überführt. Während der weiteren Aufzucht werden die Zander zuerst in zwei Vorstreck-, und Aufzuchtmodulen gehalten, bevor sie in zwei Mastsystemen bis zur Speisefischgröße aufgezogen werden. Nachwuchslaicher und Laichfische werden bei geringer Besatzdichte in einem eigenen Kreislauf auf die Reproduktion vorbereitet. Während der Aufzucht wird auf die Einhaltung der optimalen Haltungsparameter in jeder Produktionsphase geachtet (Temperatur, pH, Sauerstoff, N-Verbindungen). Sämtliche Kreislaufsysteme sind mit einer eigenen mechanischen Wasserreinigung (Trommelsiebfilter), einer biologischen Wasseraufbereitung (Bewegtbett-Filter) und einer Wasserentkeimung (UV) ausgestattet. Alle Becken, sowie Pumpen, Gebläse, UV-Anlagen, pH- und Drucksonden sind an ein computergestütztes Steuerungs- und Meldesystem angeschlossen. Darüber hinaus verfügen die beiden Mastmodule über Denitrifikationsreaktoren, durch die weitere wesentliche Wassereinsparungen möglich sind (> 50 %). Durch den Einsatz der Denitrifikationsreaktoren beläuft sich die Wassertauschrate der gesamten Anlage insgesamt auf < 8 %/d (0,25 l/s). Um die Übertragung von Krankheiten zu verhindern erfolgt kein Besatz von außen. Zusätzlich wird jeder Kreislauf als seuchenbiologische Einheit betrachtet (Schmidt und Kühn 2013).

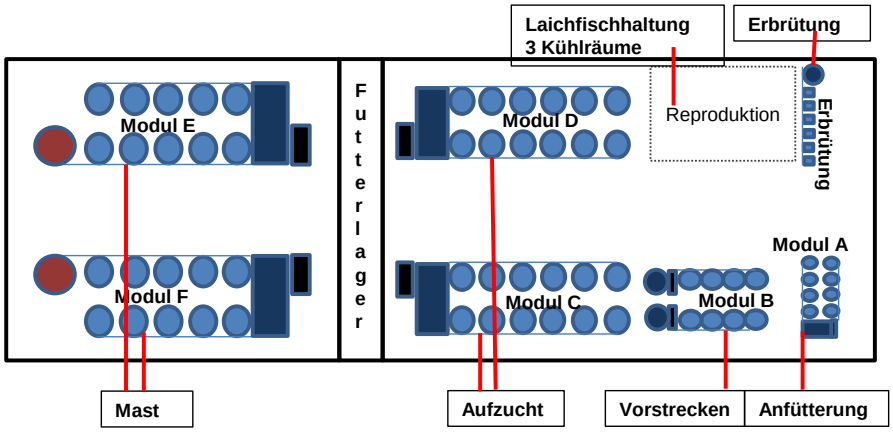


Abb. 49: Grundriss der Warmwasser-Kreislaufanlage

Das Ablaufwasser durchfliest nach einer mechanischen Reinigung in Absetzbecken einen Pflanzenklärteich (ca. 200 m^3) und steht im Anschluss für die extensive Produktion von Edelkrebsen (*Astacus astacus*) in einem Grabensystem zu Verfügung (Abb. 50). Die gesamte Anlage ist eingezäunt und überspannt, um ein Eindringen von Prädatoren oder Überträgern der Krebspest zu verhindern. In den Krebsteichen werden letzte Nährstoffe aus dem Wasser eliminiert, so dass es letztlich vollständig gereinigt in ein Oberflächengewässer geleitet werden kann (Tab.17).

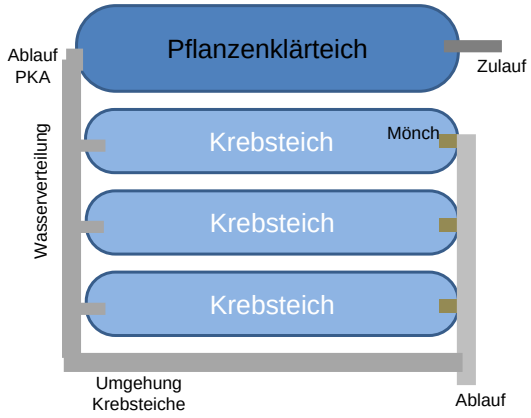


Abb. 50: Grundriss der Pflanzenkläranlage und der Krebsteiche

Tab. 17: mittlere Konzentrationen gelöster N-Verbindungen im Jahr 2013

mg/l	Brunnen	Ablauf Kaltwasseranlage	Einlauf PKA	Ablauf in Oberflächen-gewässer
Ammonium	0,7 ± 0,64	0,4 ± 0,04	1,0 ± 0,79	0,3 ± 0,35
Nitrit	0,1 ± 0,06	0,3 ± 0,05	0,5 ± 0,12	0,2 ± 0,07
Nitrat	11,7 ± 5,03	59,2 ±11,90	33,6 ± 18,11	9,8 ± 7,22

Die Mehrfachnutzung in hintereinander geschalteten Aufzuchtsystemen erlaubt eine effiziente Nutzung der Wasserressourcen. Darüber hinaus führt die Düngung der Krebsteiche zu einer wesentlichen Ertragssteigerung. Das Wasser kann danach mit gleicher Qualität in die Umwelt zurückgeführt werden. Mit dem erwärmten Ablaufwasser lässt sich zudem die Vegetationsperiode in den Teichen verlängern, jedoch ist bei adulten Krebsen auf eine ausreichende Winterruhe zu achten. Die Aufrechterhaltung der Hygiene zwischen den Systemen ist technisch und finanziell aufwendig. Zuerst ist darauf zu achten, dass keine Krankheitserreger durch Satzfische in das System gebracht werden. Dies gilt insbesondere für den Erreger der Krebspest (*Aphanomyces astaci*). Daher werden Satzforellen ausschließlich aus brunnen- oder quellwassergespeisten Zuchtbetrieben bezogen. Dennoch kann damit der Eintrag von anderen Pathogenen nicht immer verhindert werden. Aus diesem Grund muss das Wasser wirkungsvoll desinfiziert werden, bevor es zu den sensiblen Zandern gelangt. Die Ozonierung auf ein Redoxpotential von > +450 mV erweist sich im Langzeitbetrieb als sichere Barriere gegenüber Pathogenen (Bakterien, Protozoen). Die Kosten für dieses Verfahren beläuft sich in Abhängigkeit der Wassereigenschaften (organische Belastung) auf ca. 0,1 €/m^3. Weitere wesentliche Wassermengen lassen sich durch die Reinigung des Anlagenwassers in einer Denitrifikationsanlage einsparen (Müller-Belecke et al. 2013, Schmidt et al. 2014). Durch die Verwendung von Denitrifikationsreaktoren an den Mastmodulen konnte der Wasserverbrauch in diesen Modulen entscheidend gesenkt werden. Betrug die tägliche Wassertauschrate zuvor etwa 12 %, müssen aktuell < 4 % getauscht werden. Damit kann der Nitratgehalt im Wasser stabil bei < 100 mg/l gehalten wer-

den. Trotz dieses sinnvollen Verfahrens ist der Wasserbedarf der Pilotanlage deutlich angestiegen. Grund dafür ist die Intensivierung der Forellenproduktion in der Versuchsanlage. Dadurch ist der Gehalt der Nitrat-Fracht im Zulaufwasser von 35 auf 80 bis 100 mg/l angestiegen. Der Verdünnungseffekt in den Kreisläufen ohne Denitrifikationsreaktoren ist daher nicht mehr gegeben. Hier besteht dringender Handlungsbedarf. Lösungsansätze stellt die Abkoppelung der Produktionsstufen dar, inklusive der Nutzung eines Brunnens und einer eigenen Wasseraufbereitung. Alternativ dazu ist die Ausrüstung aller Kreisläufe mit Denitrifikationsreaktoren angedacht.

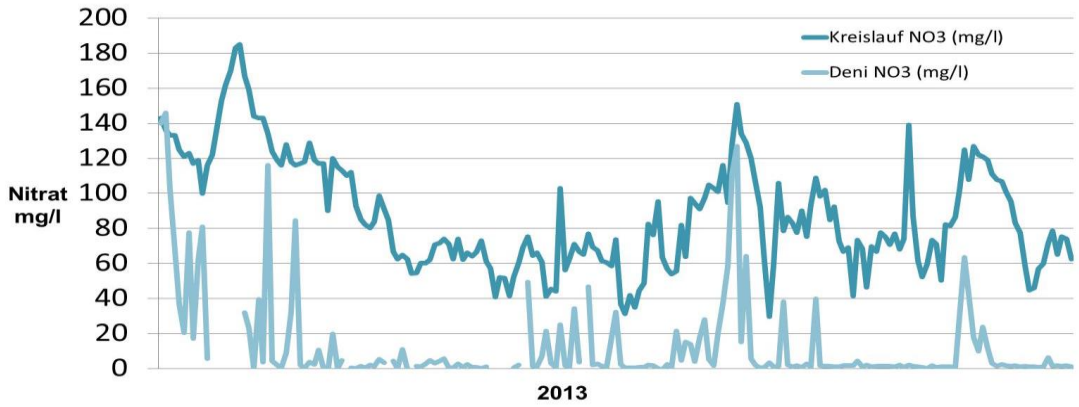


Abb. 51: Anteil des gelösten Nitrats im Zulauf- und Ablaufwasser des SID-Reaktors im Jahr 2013



Abb.52: Denitrifikationsreaktor am Mastmodul

4.13 Wasserqualität

Neben Bakteriosen, Parasitosen und Virosen können auch andere Faktoren Krankheiten verursachen. Dazu gehört an erster Stelle eine nicht den physiologischen Ansprüchen des Zanders entsprechende Wasserqualität. Die größte Bedeutung kommt dabei dem Sauerstoffgehalt zu. Die erforderliche Mindestmenge an gelöstem Sauerstoff im Zanderbecken beträgt 7 mg/l. Für die Einhaltung einer gesicherten Produktion sollte das Wasser im Becken zu jeder Zeit sauerstoffgesättigt sein (8,5-9,5 mg/l). Damit kann es auch bei kurzzeitigen Stressgeschehen nicht zum Sauerstoffmangel kommen. Der Bedarf ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig. Er wird durch Futtermittel, Fütterungsstrategie, Wassertemperatur und den allgemeinen Zustand der Zander beeinflusst (siehe auch Kapitel Sauerstoffanreicherung). Ungünstige pH-Werte können Laugen- oder Säurekrankheiten hervorrufen, Sauerstoffmangel führt zu geringerem Wachstum, übermäßiger Fetteinlagerung, schlechter Fischkondition und im Extremfall zu Verlusten. Zu stark mit Gas übersättigtes Wasser führt zu Gasblasenblasenbildung im Kapillargewebe der Zander, die Embolien verursachen (Gasblasenkrankheit). Dieses kann bereits bei einer dauerhaften geringfügigen Gesamtgasübersättigung auftreten (>101%). Dafür ist in der Regel ein zu hoher Stickstoffgehalt im Wasser verantwortlich, der häufig konstruktionsbedingt in den Anlagen auftritt. So kann durch das Einbringen von Druckluft, beispielsweise in einem Bewegtbett-Filter, HP-Förderer oder durch eine Leckage bei geschlossenen Rohrleitungen, der Gehalt an elementarem Stickstoff im Anlagenwasser auf ein toxisches Niveau ansteigen. Auch die Einleitung von kaltem Wasser in ein Warmwassersystem kann zu einer Gasübersättigung führen. Ein weiteres häufiges Problem von intensiven Aufzuchtsystemen ist ein hoher CO_2-Gehalt im Produktionswasser, hervorgerufen durch die Atmung der Fische. Dieser führt zu einer Anreicherung von CO_2 im Fischblut, was letztendlich die Aufnahmefähigkeit von Sauerstoff reduziert, die Wachstumsleistung und die Fischgesundheit verringert und in Extremfällen letztendlich zum Ersticken der Zander führen kann. Die toxische Wirkung von CO_2 ist von verschiedenen Wasserparametern abhängig (z. B. SBV-Säurebindungsvermögen), allgemein sollten Konzentrationen von 15 mg/l nicht überschritten werden. CO_2 lässt sich meistens unkompliziert aus dem Wasser entfernen, indem es über Kaskaden verrieselt, über den Bewegtbett Filter oder durch die Anreicherung mit technischem Sauerstoff aus dem Wasserkörper entfernt wird. Auch bei der Verwendung von Leitungswasser oder Quellwasser ist zu beachten, dass das Wasser in den meisten Fällen nicht den Ansprüchen der Fische entspricht und deshalb konditioniert werden muss. Zumeist ist eine Reduzierung der gelösten Gase Stickstoff (N_2) und Kohlendioxid (CO_2) notwendig, während das Wasser mit Sauerstoff (O_2) angereichert werden muss. In manchen Fällen ist auch eine Fällung von Eisenverbindungen erforderlich. Im Vergleich mit anderen Fischarten, können im Wasser gelöste Stickstoffverbindungen (Ammonium, Ammoniak, Nitrit, Nitrat) schon in gerin-

gen Konzentrationen den Appetit verringern, das Kiemengewebe schädigen und die Zander letztendlich vergiften. Diese Verbindungen entstehen als Abbauprodukte des Futterproteins. Ammoniak (NH_3) weist davon die höchste Toxizität auf. Es wird von den Fischen hauptsächlich über die Kiemen ausgeschieden und dissoziiert aber bei einem neutralen pH-Wert sofort zu Ammonium (NH_4^+). Bei pH-Werten >8 verschiebt sich das Dissoziationsgleichgewicht zugunsten des fischtoxischen Ammoniaks. Im Gegensatz zu anderen Aquakulturkandidaten ist die Toleranz des Zanders gegenüber im Wasser gelösten Stickstoffverbindungen sehr begrenzt. In Abhängigkeit vom pH-Wert, der in einem neutralen Bereich liegen sollte, sollte der Ammoniumgehalt nicht Konzentrationen von 1 mg/l überschreiten. Unter Süßwasserbedingungen sollte die Nitritkonzentration langfristig nicht über 2 mg/l liegen, während unter Brackwasserbedingungen deutlich höhere Gehalte zu keiner Beeinträchtigung der Fische führen. Die Nitrattoleranz ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Dazu zählt primär das Alter der Fische, aber auch deren Kondition. Während der Anfütterung und frühen Aufzuchtphase bis 1 g garantieren Nitratkonzentrationen unter 50 mg/l eine gute Wachstumsleistung. In der anschließenden Aufzucht bis zum Satzfisch von 200 g tolerieren die Zander auch Gehalte von 150 mg/l. In der Mastphase können Konzentrationen von 300-400 mg/l erreicht werden, ohne dass es zu akuten Schädigungen kommt. Allerdings zeigen die Untersuchungen, dass solch hohe Nitratkonzentrationen kurzfristig eine reduzierte Futteraufnahme zur Folge haben, die mittelfristig Leistungseinbußen verursachen und langfristig schleichende Verluste bedingen können.

Tab. 18: Qualitätskriterien des Produktionswassers bei der Zanderaufzucht

	Einheit	**Optimaler Bereich**
Temperatur	°C	20 - 25
O_2-Gehalt	mg/l	8 - 12
O_2-Sättigung	%	100 - 140
CO_2-Gehalt	mg/l	1 - 10
CO_2-Sättigung	%	100 - 1 500
N_2-Gehalt	mg/l	12 - 15
N_2-Sättigung	%	80 - 95
Gesamtgassättigung	%	< 101
pH-Wert		6,8-7,2
Salinität	%	0,5 - 0,8
Nitrat, NO_3	mg/l	< 200

Nitrit, NO_2^-	mg/l	< 2
Ammonium, NH_4^+	mg/l	< 1
Ammoniak, NH_3	mg/l	< 0,02

4.14 Hygienemaßnahmen

Die Einhaltung einer hygienisch einwandfreien Produktion ist ein Grundpfeiler einer erfolgreichen Zanderproduktion. Die intensive Aufzucht erfordert ein besonderes Management für die Vermeidung von Fischkrankheiten. Auch wenn es sich bei einer Warmwasserkreislaufanlage um ein geschlossenes System handelt, können fischpathogene Erreger ihren Weg in die Produktionseinheiten finden. Aufgrund des Therapienotstands in der Aquakultur und den prinzipiell äußerst begrenzten Anwendungsmöglichkeiten in geschlossenen Systemen mit biologischer Reinigungsstufe sind vor allem wirkungsvolle prophylaktische Maßnahmen von zentraler Bedeutung. Solche Maßnahmen sind bereits beim zulaufenden Nutzwasser zu treffen. Um die Gefahr einer Ausbreitung von pathogenen Erregern zu minimieren, sollten ein Anlagenteil als seuchenbiologische Einheit angesehen und weitestgehend mit eigenen Gerätschaften versehen werden (Kescher, Wannen). Diese sollten nach Gebrauch umgehend desinfiziert werden. In vielen Fällen ist eine Trocknung der Gerätschaften bei Sonnenlicht ausreichend, eine weitere Möglichkeit sind Bäder mit zugelassenen Desinfektionsmitteln.

Neben der Einschleppung durch das Zulaufwasser ist der Eintrag von pathogenen Erregern durch das Anlagenpersonal oder Besucher zu vermeiden. Dafür ist beim Eintritt in die Anlage und zwischen verschiedenen seuchenbiologischen Einheiten auf eine ausreichende Desinfektion der Hände sowie von Bekleidung und Gerätschaften zu achten. Hierbei ist besonders die Einwirkzeit der Desinfektionsmittel zu beachten. Ausserdem müssen Schmutzpartikel zuvor gründlich entfernt werden, da sie die Wirkung herabsetzen. Für die Behandlung von Arbeitsgeräten können folgende Desinfektionsmittel eingesetzt werden:

1. Formalin (3-5%)
2. Natronlauge (2%)
3. Organische Säuren mit Alkoholanteil
4. Aktivsauerstoffhaltige Desinfektionsmittel (z.B. Peressigsäure)
5. Chlorhaltige Desinfektionsmittel (z.B. Chloramin-T)
6. Quaternäre Ammoniumverbindugnen
7. Jod-Verbindungen (z.B. Actomar K30)
8. Handelsdesinfektionsmittel (DVG-Liste)

Bei der Auswahl der Desinfektionsmittel ist zu beachten, dass einige Mittel (Formalin, Ammoniumverbindungen) bei unter 10°C Kältefehler aufweisen.

4.15 Kontrolle der Fischgesundheit

Aufgrund fehlender geeigneter und legaler Therapeutika ist eine gute Fischgesundheit unabdingbar für ein Überleben des Bestands. Aufgrund der biologischen Wasseraufbereitung muss in Kreislaufanlagen weitestgehend auf den Einsatz von Medikamenten verzichtet werden. Aus diesem Grund sind die Fischkondition und die Fischgesundheit des Bestandes regelmäßig prophylaktisch zu überprüfen. Diese geschieht durch Bestandskontrollen mit Verhaltensbeobachtungen. Dabei wird auf anomale Verhaltensmuster geachtet. Dazu zählen Futterverweigerung, Apathie, Notatmung oder das Scheuern am Beckenrand oder –boden. Anschließend werden mehrere Einzelfische aus den Becken entnommen, betäubt und getötet. Die Zander werden äußerlich makroskopisch begutachtet. Dabei wird auf folgende Punkte geachtet:

- Haut: Zustand der Schleimschicht, Untersuchung auf Rötungen, Verfärbungen, Geschwüre
- Schuppen: Schuppenverlust, Anordnung der Schuppen („Schuppensträube“)
- Flossen: Flossenerosion
- Maul: Rötung
- Augen: Funktionalität, Exophthalmus/Enophthalmus
- Kiemen: Verschleimung, Farbe, Blutungen, Nekrosen

Nach der makroskopischen Begutachtung wird ein Hautabstrich genommen. Dafür wird etwas von der Schleimschicht des Fischkörpers abgenommen. Die Probenahme erfolgt an geschützten Stellen, beispielsweise hinter den Ansätzen der paarigen Flossen oder direkt auf den Flossen. Die Probe wird mit destilliertem Wasser verdünnt auf einem Objektträger verteilt und unter dem Mikroskop begutachtet.

Die Fische werden dann längenvermessen und gewogen. Mit den Daten kann mit der Fulton´schen Formel der Korpulenzfaktor errechnet werden. Dieser ist von der Größenklasse der Fische abhängig und steigt im Wachstumsverlauf von 0,5 auf etwa 1 bei Speisezandern an.

k-Faktor = Masse (g) x 100 / Länge $(cm)^3$

Nach der Überprüfung des Exterieurs wird eine **Kiemenprobe** präpariert und unter dem Mikroskop begutachtet. Erstes Augenmerk gilt dabei der Schichtdicke des umhüllenden Schleims. Sind die Kiemenlamellen stark von Schleim umhüllt, ist dies ein erster Hinweis auf eine Reaktion der Fische auf eine unzureichende Wasserqualität. Als nächstes werden die Blutgefäße der Primärlamellen hinsichtlich ihrer Durchgängigkeit überprüft. Embolien können durch Gasbläschen in den Kapillaren entstehen und zum Absterben des Kiemengewebes führen. Diese Gas-

blasen sind zumeist das Resultat einer Gasübersättigung im Anlagenwasser. Des Weiteren werden die Primärlamellen auf Keulenbildung und Petechien untersucht. Sowohl zwischen den Lamellen, als auch direkt im Kiemengewebe erfolgt eine Untersuchung auf Parasiten.

In der Folge wird die **Leibeshöhle** des Fischs aufgeschnitten und die Eingeweide entnommen. Die Leibeshöhle sollte trocken sein, ohne Flüssigkeitsansammlung (Ascites). Der **Magen-Darm Trakt** sollte nicht mit Flüssigkeit oder Gas angefüllt sein. Ausserdem sollte das Darmgewebe hell und nicht rot gefärbt sein. Ist letzteres der Fall, ist dies ein deutlicher Hinweis auf eine Darmentzündung. Diese kann durch pathogene Erreger oder ungeeignetes Futter auftreten. Ist dies der Fall, sollte der Darminhalt hinsichtlich Parasiten überprüft werden. Die **Milz** ist dunkelrot gefärbt mit scharfen Kanten. Eine geschwollene Milz deutet auf eine Entzündung hin. Die **Niere** wird zuerst makroskopisch begutachtet, zusätzlich erfolgt die Überprüfung mit einem Mikroskop. Dabei wird insbesondere auf Einschlüsse im Gewebe geachtet (Zysten, Nephroncalzinose). Die Begutachtung der **Leber** erfolgt im Allgemeinen makroskopisch. Dabei wird auf die Struktur, die Farbe und Fetteinschlüsse geachtet. Als Speicherorgan für Fette kann das Lebergewicht zur Ermittlung der Kondition herangezogen werden. Dabei wird der prozentuale Anteil der Leber zum Gesamtgewicht des Fisches bestimmt (Hepatosomatischer Index, HSI). Dafür muss zuvor die Galle entfernt werden.

HSI (%) = Lebermasse (g) x 100 / Gesamtmasse (g)

4.16 Stressphysiologische Untersuchungen

Die stressphysiologischen Untersuchungen erfolgten in Kooperation mit dem Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB). Untersucht wurde einerseits der Einfluss verschiedener Aufzuchtparameter auf die chronische Stressentwicklung bei Zandern (z.B. Einfluss der Haltungsdichte). Andererseits wurde das akute Stressempfinden bei Routinearbeiten überprüft (z.B. Sortierarbeiten, Umsetzen). Nachfolgend der Bericht des Kooperationspartners.

Beurteilung unterschiedlicher Haltungsbedingungen für Zander anhand stress- und immunphysiologischer Parameter

Klaus Knopf & Werner Kloas

Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Berlin

(mit Beiträgen aus den Abschlussarbeiten von M.E. Garcia Martinez, Sandro Krämer und Laura Klatt)

Einleitung: Wohlergehen und Stress bei Fischen

Die Entwicklung der Kreislaufanlagentechnik eröffnete für die Aquakultur neue Möglichkeiten für eine nachhaltige, ressourcenschonende Produktion von Fischen. Die gewöhnlich in geschlossenen Hallen installierten Anlagen erlauben eine hervorragende Kontrolle der Umweltbedingungen zur Optimierung von Produktionsprozessen. Dank des geschlossenen Systems sind die Fische keinen Feinden ausgesetzt und das Eintragen von Pathogenen kann weitgehend ausgeschlossen werden, insbesondere dann, wenn Besatzfische selbst produziert und nicht zugekauft werden müssen.

Kreislaufanlagen sind auf einen Betrieb mit hohen Besatzdichten ausgelegt. Somit stellt sich hier wie bei allen Formen der Massentierhaltung die Frage, ob und wie ökonomische Notwendigkeiten und Anforderungen des Tierschutzes vereinbar sind. Die Ziele dieser Anforderungen sind nicht zwangsläufig gegenläufig. So zeigen nicht optimal gehaltene Fische oftmals eine schlechtere Futteraufnahme und geringere Futterverwertung (DLG, 2014), wodurch sich die Produktivität verringert. Geringe Besatzdichten sind keineswegs immer die tierschutzgerechtere Haltungsform. So weiß man beispielsweise von Forellen und dem afrikanischen Raubwels (*Clarias gariepinnus*), dass sich die bei geringen Besatzdichten auftretende innerartliche Aggression mit einer angepassten höheren Besatzdichte vermeiden lässt.

Generell reagieren Fische als Reaktion auf verschiedene äußere oder innere Reize, die das innere Gleichgewicht (Homöostase), physiologische Prozesse oder sogar unmittelbar das Leben bedrohen, mit einer bei allen Wirbeltieren vergleichbaren Stressantwort (Wendelaar Bonga, 1997; Barton, 2002). Diese hat das Ziel, die Homöostase wieder herzustellen bzw. der Gefahr zu entkommen. Natürliche Stressoren können zum Beispiel Temperaturschwankungen, innerartliche Interaktionen oder Begegnungen mit einem Räuber, aber auch endogene Rhythmen wie die Belastung beim Laichen sein. In der Aquakultur auftretende Stressoren sind insbesondere eine nicht optimale Wasserqualität (die sich mit einer an die Anforderungen angepassten Technik sicherstellen lässt), ungeeignete Besatzdichten und das unvermeidbare Handling (Barton & Iwama, 1991).

Das Wohlergehen der Fische erkennt ein erfahrener Fischwirt am Aussehen, Verhalten, der Futteraufnahme und dem Wachstum der Tiere. Unter sehr schlechten Haltungsbedingungen sind diese Effekte erfahrungsgemäß eindeutig. Weitergehende und detaillierte Informationen erlauben nur Untersuchungen der hier zugrundeliegenden physiologischen Prozesse.

Zunächst kommt es bei der Stressantwort zur Freisetzung von Stresshormonen (z.B. Adrenalin, Cortisol) in die Blutbahn. Eine wichtige Aufgabe dieser primären Stressantwort ist die Mobilisierung und Bereitstellung von Energiereserven sowie die Bereitschaft physiologisch aktiv auf einen Stressor zu antworten („fight and flight“). Die sekundäre Stressantwort umfasst eine Reihe metabolischer Prozesse, die sich z.B. in veränderten biochemischen und zellulären Blutparametern zeigen. Durch die enge Interaktion von Hormonsystem und Immunsystem kommt es auch zu Veränderungen im Immunstatus. Chronischer Stress infolge anhaltender Stresseinwirkung führt schließlich zur tertiären Stressantwort. Diese äußert sich zum Beispiel in einer verringerten Reproduktion, verringertem Wachstum, einer verringerten Immunkompetenz und damit erhöhten Anfälligkeit für Krankheiten sowie einer eingeschränkten Fähigkeit, auf zusätzliche Stressoren optimal zu reagieren (Wendelaar Bonga, 1997; Barton 2002).

Die Bestimmung der Cortisolkonzentration im Blut ist ein etablierter Stressparameter, der auch bei Fischen gut verwendet werden kann. Weiterhin stehen Messverfahren zur Bestimmung einer Reihe von Blut- und Immunparametern zur Verfügung, um die sekundäre Stressantwort von Fischen zu untersuchen. Zusammen mit den Produktionsparametern Wachstum, Futterquotient und Mortalität ergibt sich so die Möglichkeit einer umfassenden, auf Messdaten beruhenden Beurteilung des Stress- und Immunstatus von Fischen in Abhängigkeit unterschiedlicher Produktions- und Haltungsbedingungen auf allen drei Ebenen der Stressantwort.

Warum Stress- und Immunphysiologie beim Zander?

Der Zander ist eine neue, vielversprechende Art für die Aquakultur in Kreislaufanlagen. Wichtig für erfolgreiche Intensivaufzucht ist die Kenntnis der bestmöglichen Haltungsbedingungen von der Aufzucht bis zur Speisefischgröße. Das Wohlergehen der Fische spielt hierbei sowohl für die optimale Nutzung des Wachstumspotentials dieser Art als auch für die Anforderungen des Tierschutzes eine entscheidende Rolle. Kritischen Fragen zur Vereinbarkeit von Tierwohl und Intensivaufzucht lassen sich am besten anhand objektiver Daten diskutieren und sowohl Stress als auch die Resistenz gegenüber (opportunistischen) Krankheitserregern sind hierzu zweifellos sehr gut geeignet.

Die Ansprüche unterschiedlicher Fischarten an ihre Umweltbedingungen sind ebenso wie deren genetisch festgelegte Kapazität, auf Stressoren zu reagieren und sich an diese anzupassen, sehr unterschiedlich. Da für den Zander bislang keine Untersuchungen zum Wechselspiel von Haltungsbedingungen, Stressphysiologie und Immunstatus vorliegen, handelt es sich hierbei um eine wissenschaftlich äußerst reizvolle Fragestellung mit hoher praktischer Relevanz. Daher haben wir gerne die Möglichkeit wahrgenommen, mit der Landesforschungsanstalt für Land-

wirtschaft und Fischerei M-V (IfF) zu kooperieren, um den Stress- und Immunstatus von Zandern unter den Praxisbedingungen einer modernen Kreislaufanlage zu erforschen.

Welche Parameter wurden getestet?

Ziel der stress- und immunphysiologischen Untersuchungen war es zunächst, die Testmethoden für eine Reihe potentiell geeigneter Parameter soweit notwendig an die Arbeit mit Zandern anzupassen und dann diejenigen herauszufiltern, die reproduzierbare Aussagen zulassen.

Zur Bestimmung der primären Stressantwort wurde der Cortisolgehalt im Blut der Fische bestimmt. Der Cortisolgehalt nimmt infolge einer akuten Stresssituation stark zu und kann als Maß für die Stärke des Stressors verwendet werden. Langfristig erhöhte Cortisolwerte geben einen Hinweis auf eine chronische Stresssituation (Barton & Iwama, 1991).

Zusätzlich wurden als bekannte Parameter für die sekundäre Stressantwort die Blutparameter Glucose, Lactat, Hämoglobin, Hämatokrit und Plasmaprotein sowie der Milz- und Leberindex bestimmt. Zur Beschreibung des Immunstatus wurden die Lysozym-Aktivität im Plasma, die Stimulierbarkeit der Lymphozytenproliferation und Freisetzung reaktiver Sauerstoffspezies durch neutrophile Granulozyten und Makrophagen („Respiratory Burst-Aktivität“) untersucht. Diese Reaktion wird als Indikator der antimikrobiellen Aktivität (PKA, „potential killing activity“) der Abwehrzellen verwendet (Secombes, 1990).

Zur Beurteilung der tertiären Stressantwort wurden die Produktionsparameter Wachstumsrate, Futterquotient und Mortalität herangezogen.

Als innovative, nicht-invasive Methode zur Bestimmung zur Quantifizierung der Stressreaktion von Zandern wurde die Konzentration des von den Fischen in das Wasser ausgeschiedenen Cortisols gemessen.

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse der bearbeiteten Fragestellungen kurz dargestellt. Detaillierte Ausführungen finden sich in den im Anhang befindlichen Abschlussarbeiten (die noch nicht fertiggestellten Arbeiten von Frau Klatt und Frau Höhne werden nachgereicht) und den im Kapitel Wissenstransfer aufgeführten Publikationen.

Ergebnisse

Die Haltungsdichte beeinflusst den Stress- und Immunstatus von Zandern

Das Ziel dieser Studie war es, den Stress- und Immunstatus von Speisefischanwärtern (Stückgewicht etwa 500 g) in einer Kreislaufanlage in Abhängigkeit von der Besatzdichte (7, 28, 46 und 65 kg/m³) zu untersuchen. Die optimale Besatzdichte ist ein entscheidender Faktor für eine

erfolgreiche intensive Fischproduktion. Es gilt als gesichert, dass suboptimale Besatzdichten chronischen Stress und damit einhergehend negative Auswirkungen auf das Wachstum und die Gesundheit der Fische verursachen können (Baldwin 2010).

Bei einer anfänglichen Besatzdichte von 28 kg/m³ gehaltene Zander zeigten die höchste Wachstumsrate und den niedrigsten Futterquotienten. Die geringste Wachstumsrate und der höchste Futterquotient wurden hingegen bei der höchsten Besatzdichte von 65 kg/m³ festgestellt.

Der mittlere Plasmacortisolgehalt der Zander lag in einem Bereich von 12 bis 22 ng/ml (Abb. 53), wobei die Werte mit steigender Besatzdichte zunahmen. Dieser Trend war jedoch statistisch nicht signifikant (Kruskal-Wallis-Test). Alle anderen potentiellen Stressparameter im Blut (Glucose, Lactat, Hämoglobin, Hämatokrit) zeigten keinen Zusammenhang mit der Besatzdichte.

Aufgrund der hohen Variabilität und nur geringen Unterschieden des mittleren basalen Plasmacortisolgehaltes ist dieser Parameter trotz seiner klar definierten physiologischen Funktion möglicherweise nicht der beste Indikator für geringe chronische Stressbelastungen bei Zandern.

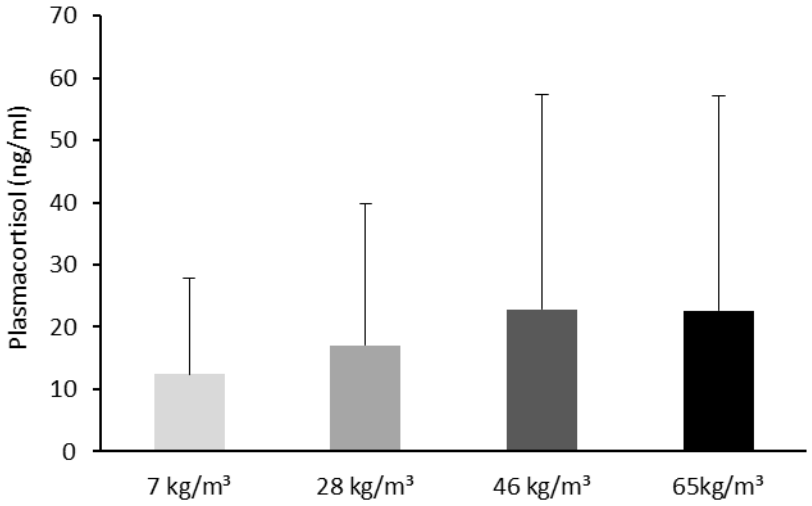


Abb. 53: Plasmacortisolgehalt in Zandern bei verschiedenen Besatzdichten. Die Fehlerbalken geben die Standardabweichung an (n = 18)

Die Lysozymaktivität war bei den bei einer Besatzdichte von 28 kg/m^3 gehaltenen Zandern am höchsten und nahm sowohl bei der geringeren als auch den höheren Besatzdichten ab (Abb. 54). Bei den bei 65 kg/m³ gehaltenen Zandern betrug die Lysozymaktivität 79 % des Wertes der bei 28 kg/m³ gehaltenen Zander und war von diesem signifikant unterschiedlich ($p < 0,05$, Tukey‘s Test). Analog zu Arbeiten mit Karpfen (YIN et al. 1995) und *Lates calcarifer* (Sadhu et al. 2014) kann die signifikante Abnahme der Lysozymaktivität als Indiz dafür gewertet werden, dass hohe Besatzdichten beim Zander eine chronische Stressbelastung darstellen.

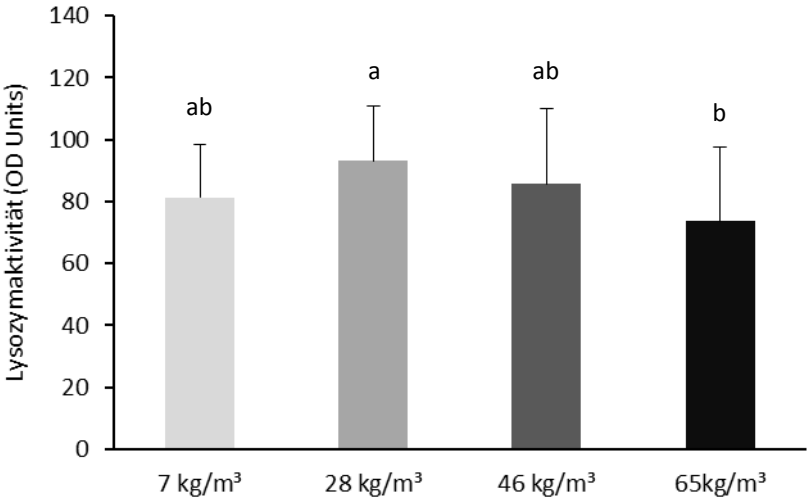


Abb. 54: Lysozymaktivität im Plasma von Zandern bei verschiedenen Besatzdichten. Die Fehlerbalken geben die Standardabweichung an (n = 18). Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen sind mit Buchstaben gekennzeichnet (p < 0,05)

Neben den unspezifischen humoralen Komponenten wie Lysozym spielen die zellularen Komponenten des Immunsystems eine entscheidende Rolle bei der Bekämpfung von Pathogenen. Neutrophile Granulozyten und Makrophagen setzen in einem sauerstoffabhängigen Prozess („Respiratory Burst“) reaktive Sauerstoffspezies frei. Diese Reaktion wird als Indikator der antimikrobiellen Aktivität (PKA) von Phagozyten verwendet. Die höchste PKA von aus der Rumpfniere isolierten Phagozyten wurde bei den Zandern gemessen, die bei 28 kg/m³ gehalten wurden (Abb. 55). Wenngleich die PKA der bei unterschiedlichen Besatzdichten gehaltenen Zander statistisch nicht signifikant unterschiedlich war, glich deren Abhängigkeit von der Besatzdichte dem für die Lysozymaktivität gefundenen Muster.

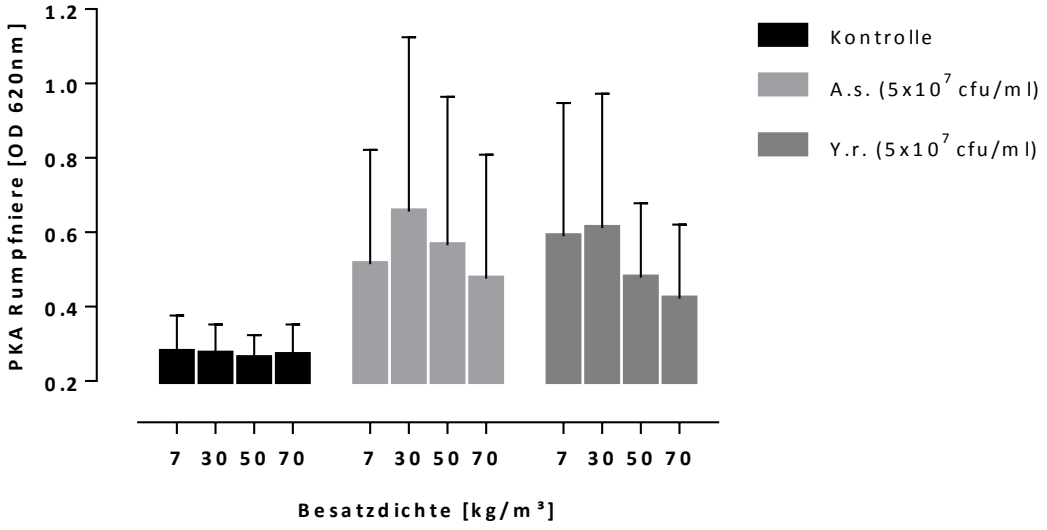


Abb. 55: „Potential killing activity“ (PKA) von Phagozyten aus der Rumpfniere von Zandern bei verschiedenen Besatzdichten. Kontrolle = nicht stimuliert; A.s. = Stimulation mit Aeromonas

salmonicida; Y.r. = Stimulation mit Yersinia ruckeri. Fehlerbalken geben die Standardabweichung an (n = 9)

Die Haltungsdichte beeinflusst die Stressantwort von Zandern auf Handling

Auf den durch Sortieren und Umsetzen verursachten Stress reagieren Zander mit einer typischen akuten Stressantwort, die durch erhöhte Konzentrationen von Cortisol, Glucose und Lactat im Blutplasma charakterisiert ist. Der Zeitverlauf der Blutparameter zeigte, dass die akute Stressantwort bei den zu diesem Zeitpunkt bei 24 kg/m³ gehaltenen Zandern stärker ausgeprägt als bei den bei 53 kg/m³ gehaltenen Zandern. Diese Stressantwort war bei den zu diesem Zeitpunkt bei 24 kg/m³ gehaltenen Zandern stärker ausgeprägt als bei den bei 53 kg/m³ gehaltenen Zandern Erklärt werden kann dies damit, dass die die Reaktionsfähigkeit der Fische auf einen akuten Stressor durch geringfügig, aber chronisch erhöhte Cortisolwerte gehemmt wird. Unabhängig von der Besatzdichte war die akute Stressantwort nach etwa 7,5 Stunden abgeklungen. Die PKA der bei 65 kg/m³ gehaltenen Zander war aber noch 48 Stunden nach dem Stressereignis signifikant geringer als die PKA der bei 28 kg/m³ gehaltenen Zander. Dies sind Hinweise darauf, dass akute Stressoren bei geringeren Besatzdichten besser toleriert werden.

Bestimmung des von Zandern in das Wasser ausgeschiedenen Cortisols zur nicht-invasiven Messung von Stress

Es wurde erstmals untersucht, ob sich in einer Kreislaufanlage die Bestimmung der Cortisolkonzentration im Wasser als nicht-invasive Methode zur Bestimmung des Stressstatus von Zandern eignet. Hierzu wurden nach dem Sortieren und Umsetzen von Speisefischanwärtern in einen frisch befüllten Hälterungskreislauf Plasmaproben von den Fischen und Wasserproben aus dem Kreislauf (Besatz 28,6 kg/m³) genommen. Im Wasser war nach dem Besatz ein starker und im Vergleich zum Plasma der Fische zeitlich verzögerter Anstieg der Cortisolkonzentration zu beobachten, die 1,5 Stunden nach dem Stressereignis ihren höchsten Wert erreichte. Während die Cortisolkonzentration im Plasma der Fische bereits 9 Stunden nach dem Stressereignis wieder auf dem Niveau des Basiswertes war, dauerte es 28 Stunden bis sich die Cortisolkonzentration im Anlagenwasser wieder auf ein niedriges Niveau einstellte. Die Ergebnisse zeigen, dass die Bestimmung der Cortisolkonzentration aus dem Anlagenwasser unter den Bedingungen einer Kreislaufanlage eine geeignete nicht-invasive Methode zur Messung einer akuten Stressantwort bei Zandern darstellt.

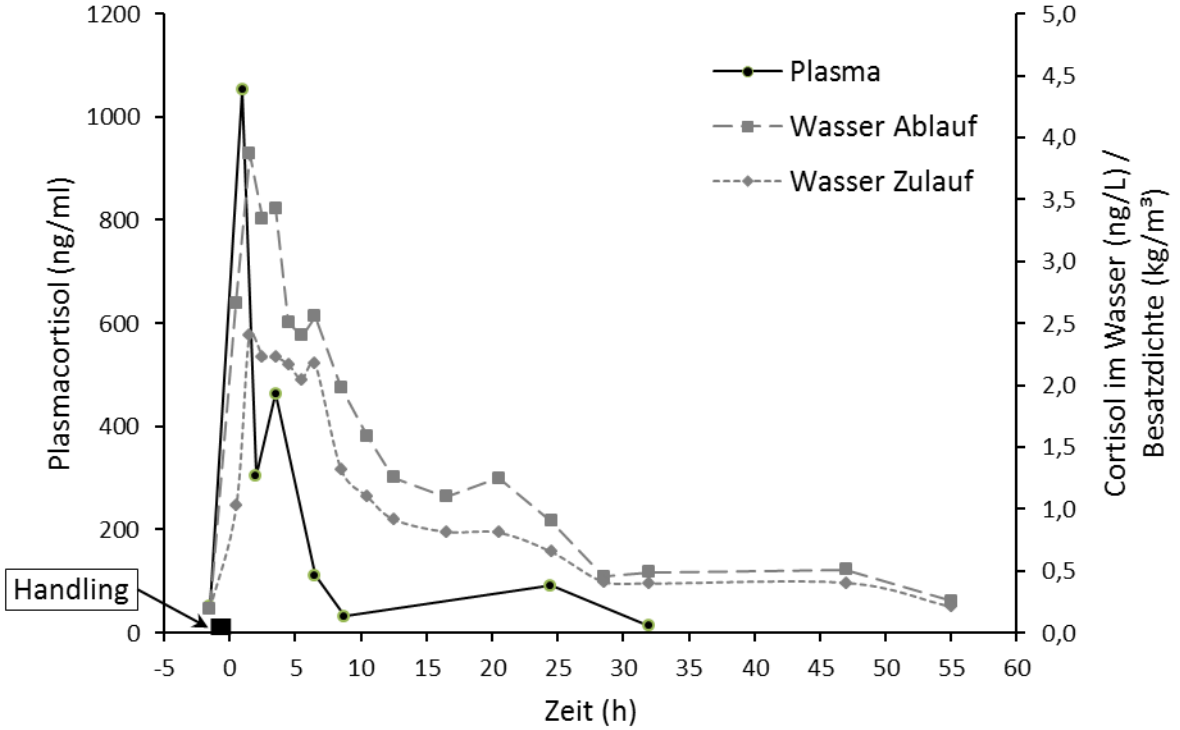


Abb. 56: Zeitlicher Verlauf der Cortisolkonzentration im Kreislaufwasser (Zu- und Ablaufwasser der Fischbecken) und im Blutplasma von Zandern vor und nach dem Sortieren und Umsetzen (Handling)

Lichtintensität und Fotoperiode beeinflussen Entwicklung und Wohlergehen während der Aufzuchtphase

Um zu untersuchen, wie sich die Lichtintensität auf das Wohlergehen von Zandern während er Aufzucht auswirken, wurden Jungtiere mit einem mittleren Stückgewicht von 15 g unter Dauerbeleuchtung mit relativ starkem Licht (250 lx) und schwachem Licht (10 lx) sowie bei einer Lichtstärke von 250 lx mit einer Tagesperiodik von 12/12 Stunden Hell/Dunkel gehalten. Zusätzlich zu den oben genannten stress- und immunphysiologischen Prozessen wurde die Plasmakonzentration des Neurohormons Melatonin, das eine wichtige Rolle für die Kontrolle der endogenen Rhythmik spielt, und die Genexpression der von zwei für die Steuerung der Gonadenentwicklung wichtigen Sexualhormonen (Luteinisierendes Hormon, LH und Follikel stimulierendes Hormon, FSH) bestimmt. Während sich für den anhand der Köperlänge und Köpermasse ermittelten Konditionsfaktor der Fische keine Unterschiede ergaben, zeigten die physiologischen Parameter, wie sich das Lichtregime während der Aufzucht auf die Entwicklung und das Wohlergehen von Zandern auswirkt.

Die Genexpression der Sexualhormone war bei den unter schwachem Licht gehaltenen Zandern geringer als bei den unter relativ starkem Licht gehaltenen Zandern. Dies ist ein deutlicher

Hinweis darauf, dass sich mit geringen Lichtintensitäten während der frühen Aufzuchtphase die Gonadenreifung verzögern lässt, was sich erfahrungsgemäß positiv auf die Wachstumsleistung auswirkt. Die stress- und immunphysiologischen Parameter zeigen, dass sich die geringe Lichtintensität auch positiv auf das Wohlergehen der jungen Zander auswirkt. Im Vergleich zu den unter stärkerem Licht gehaltenen Zandern hatten diese eine deutlich geringere Plasmakonzentration des Stresshormons Cortisol, was sich auch in einem besseren Immunstatus wiederspiegelte. Bemerkenswert ist, dass der negative Effekt von lichtinduziertem Stress auf das Immunsystem offenbar durch Melatonin kompensiert werden kann, wenn die Zander nicht unter Dauerlicht, sondern mit einem Hell-Dunkel-Zyklus gehalten werden.

Wirkung der Kondition auf die Stressantwort?

In einem Bestand gemeinsam aufgezogener Fische befinden sich naturgemäß immer erkennbare individuelle Unterschiede in der Kondition. Mit einem Monitoring von Zandern gleicher Historie und Aufzuchtbedingungen wird untersucht, ob und wie sich die unterschiedliche Kondition auf die ausgewählten Stress- und Immunparameter während der Mast und insbesondere bei dem routinemäßigen Handling auswirkt. Ergänzend wird die in diesem Zusammenhang interessante Genexpression des Wachstumshormons (growth hormone, GH) und der Sexualhormone LH und FSH gemessen. Diese Untersuchungen sind zurzeit noch nicht abgeschlossen.

Diskussion

Praxisnahe Bedingungen sind sicher die beste Voraussetzung, um praxisrelevante Ergebnisse zu erzielen und zu verifizieren. Die Möglichkeiten von Wiederholungsversuchen sind hier allerdings aufgrund des nicht unerheblichen materiellen und zeitlichen Aufwandes eingeschränkt. In diesem Fall kann die Kombination unabhängiger Methoden wie die Bestimmung der Produktionsparameter (z.B. Wachstumsrate, Futterquotient) mit stress- und immunphysiologischen Untersuchungen den Erkenntnisgewinn und die Aussagekraft von Einzelergebnissen deutlich steigern.

Bei unseren bisherigen Untersuchungen zeigte sich, dass sich die bei unterschiedlichen Haltungsbedingungen beobachteten Produktionsparameter ebenso wie weniger gut in Zahlen zu fassende Beobachtungen zum Verhalten und zur Krankheitsanfälligkeit der Zander sehr gut mit den Ergebnissen der stress- und immunphysiologischen Untersuchungen erklären lassen. Zusätzliche, zur Beantwortung spezifischer Fragestellungen hilfreiche Parameter, wie z. B. das Neurohormon Melatonin in Zusammenhang mit den Untersuchungen zu den optimalen Lichtbedingungen während der Aufzucht, erlauben eine umfassende Interpretation der gewonnenen Ergebnisse.

Zusammenfassend ergibt sich für die Auswirkung der Haltungsdichte auf die Wachstumsleistung und den Futterquotienten sowie den Plasmacortisolgehalt und die Immunparameter Lysozymaktivität und PKA ein kohärentes Bild, das auf eine erhöhte chronische Stressbelastung der Zander bei sehr hohen Besatzdichten hinweist. In Übereinstimmung damit ist die Beobachtung in der Praxis, dass Zander bei hohen Besatzdichten sehr sensibel auf zusätzliche Stressoren reagieren. Die immunologischen Parameter zeigen jedoch auch, dass sehr niedrige Besatzdichten keineswegs optimal sind.

Untersuchungen zu unterschiedlichen Lichtbedingungen während der Aufzuchtphase belegen, dass sich mit einer geringen Lichtintensität optimale Ergebnisse erzielen lassen. Die stress- und immunphysiologischen Parameter zeigen, dass dies keineswegs dem Wohlergehen der Zander abträglich ist, sondern den natürlichen Bedürfnissen der Fische entspricht.

Die Messung der Cortisolkonzentration im Wasser des Haltungssystems eignet sich hervorragend, um den Verlauf einer akuten Stressantwort (z. B. auf Handling) nicht-invasiv und ohne jede Störung der Fische zu bestimmen. Ob sich dieses Verfahren auch zur Beurteilung des Wohlergehens der Zander in Abhängigkeit unterschiedlicher Haltungsbedingungen eignet, muss mit weiteren Untersuchungen geprüft werden. Entscheidend hierbei ist, dass die Rahmenbedingungen, welche auch einen Einfluss auf die Cortisolkonzentration im Wasser haben können (technische Daten der Haltungsanlage, Alter und Herkunft der Fische), identisch sind.

Ausblick

Die bisher durchgeführten Arbeiten zeigen überzeugend, wie aus der Praxis in der Versuchsanlage gewonnene Erkenntnisse zur Optimierung der Intensivproduktion von Zandern hinsichtlich der Produktionsparameter und dem Tierwohl mit insbesondere stress- und immunphysiologischen Untersuchungen sinnvoll ergänzt werden können. Einige Fragestellungen konnten im Projektzeitraum nicht in dem ursprünglich vorgesehenen Umfang bearbeitet werden, weil die notwendigen Rahmenbedingungen (Vergleichbarkeit der untersuchten Gruppen) im laufenden Betrieb der Versuchsanlage noch nicht realisiert werden konnten. Andererseits ergaben sich während der Arbeit neue praxisrelevante Fragestellungen, die teilweise sofort umgesetzt werden konnten bzw. in die Planung zukünftiger Experimente einfließen.

Die praktische Erfahrung in der Versuchsanlage Hohen Wangelin zeigt klar, dass Zander verschiedener Herkünfte unterschiedlich auf die Haltungsbedingungen und sowohl zufällige als auch unvermeidbare Störungen reagieren. Im Hinblick auf die Selektion von besonders für die Aquakultur geeigneten Zanderstämmen ist der Vergleich von Zandern unterschiedlicher Herkünfte hinsichtlich ihrer Stressresistenz unter den spezifischen Bedingungen einer Kreislaufanlage zukunftsweisend.

Unsere Untersuchungen zur Bedeutung des Lichtregimes für die Entwicklung und das Wohlbefinden der Zander während der frühen Aufzuchtphase zeigen, wie physiologischer Parameter herangezogen werden können, um die Aufzuchtbedingungen zu beurteilen und entsprechend zu optimieren. Entsprechend vielversprechend ist es, mit diesem methodischen Ansatz unterschiedliche Aufzuchtbedingungen auch für noch frühere Phasen der Aufzucht zu untersuchen.

Eine weitere Herausforderung für die Zukunft ist es, Möglichkeiten der Cortisolmessung aus dem Haltungswasser zum Erkennen eines möglichen chronischen Stressgeschehens auszuloten und voranzutreiben.

Von Vorteil für zukünftige Arbeiten ist es, dass wir ein umfangreiches Methodenspektrum zur Untersuchung des Stress- und Immunstatus von Zandern aufgebaut haben. Mit der gewonnen Erfahrung bei der Arbeit mit Zandern und den vorhandenen Expertisen zur Stressphysiologie und Immunologie von Fischen können hieraus die für spezifische Fragestellungen geeigneten Methoden ausgewählt und die erzielten Ergebnisse umfassend interpretiert werden. Zusätzlich können, abhängig von der Fragestellung, Expertisen und Methoden aus den Bereichen der Ernährungs-, Reproduktions- und Photobiologie genutzt werden.

Zitierte Literatur

Baldwin L. (2010): The effects of stocking density on fish welfare. *The Plymouth Student Scientist* 4: 372-383.

Barton, B.A. (2002): Stress in fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. *Integrative and Comparative Biology* 42: 517-525.

Barton, B.A., Iwama, G.K. (1991): Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. *Annual Review of Fish Diseases* 1: 3-26.

DLG (2014): DLG-Merkblatt 401: Tierwohl in der Aquakultur, DLG e.V., Frankfurt am Main.

Wendelaar Bonga, S.E. (1997): The Stress Response in Fish. *Physiological Reviews* 77: 591-625.

Yin, Z., Lam, T. Sin, Y. (1995): The effects of crowding stress on the non-specific immuneresponse in fancy carp (Cyprinus carpio L.). *Fish & Shellfish Immunology* 5:519-529.

Sadhu, N., Sharma, S.R.K., Joseph, S., Dube, P. Philipose, K.K. (2014): Chronic stress due to high stocking density in open sea cage farming induces variation in biochemical and immunological functions in Asian seabass (*Lates calcarifer*, Bloch). *Fish Physiology and Biochemistry* 40:1105-13.

Secombes, C.J. (1990): Isolation of salmonid macrophages and analysis of their killing activity. In: Stolen, J.S., Fletcher, T,C., Anderson, D.P., Roberson; B.S., van Muiswinkel, W.B. (Hrsg.): Techniques in fish immunology, Vol 1. SOS Publications. Fair Haven, S. 137-155.

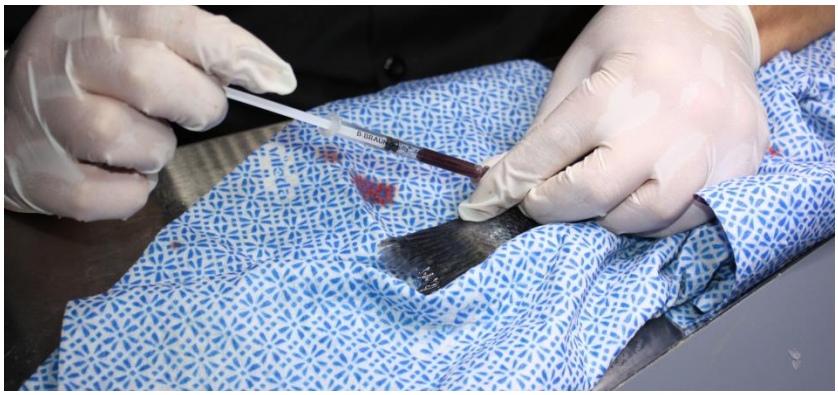


Abb. 57: Blutabnahme bei einem frisch getöteten Speisezander

4.17 Lebendtransport

Der Lebendtransport von Zandern stellt eine wesentliche aber unumgängliche Belastung für die Fische dar. Das Tierwohl darf durch den Transport nicht nachhaltig beeinträchtigt werden, daher dürfen generell nur gesunde Fische transportiert werden. Vor dem Transport sollten die Zander ausreichend genüchtert werden. Dies ist erforderlich, um den Verdauungstrakt der Zander zu leeren. Damit kann eine Verschmutzung des Transportwassers vermieden und der Gehalt an gelösten Stickstoffverbindungen (Ammoniak) im Fischblut reduziert werden. Vor allem aber haben genüchterte Fische einen geringeren Sauerstoffbedarf und zeigen eine geringere Stressreaktion. Die Dauer der Nüchterung ist einerseits abhängig von der Wassertemperatur, andererseits muss auch das Altersstadium der Tiere berücksichtigt werden. Bei großen Zandern sollte die Fütterung zwei Tage vor dem Transport eingestellt werden, bei juvenilen Zandern genügt in der Regel eine Ausnüchterungsdauer von 24 h. Brut und frühe Jugendstadien sollten mindestens 3 - 6, bzw. 12 h vor dem Transport nicht mehr gefüttert werden.

Tab. 19: Mindestabsetzdauer von Zandern vor Transporten (bei einer Wassertemperatur von 23 °C)

Altersstadium	Min. Absetzdauer (h)
Angefütterte Brut	3 - 6
Setzling (3-10g)	12
Juvenile Zander	24
Adulte Zander	48

Die Abfischung der Zander muss vorsichtig erfolgen, in jedem Fall sollen Druck und mechanische Verletzungen an Haut und Augen (!) vermieden werden. Deshalb sind große Kescher mit

großen Spiegeln (Boden) zu empfehlen. Als Transportwasser sollte das Wasser aus den Aufzuchtbecken verwendet werden. Der Sauerstoffgehalt sollte während des Transports keinerzeit unter 100 % Sättigung fallen, sollte aber auch nicht 150-180 % Sättigung überschreiten. Der Sauerstoffbedarf ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig. Darunter fallen Parameter wie Lebensstadium, Gesamtmasse und Kondition, aber auch die Wassertemperatur und Handling bei der Abfischung spielen eine wichtige Rolle. Allgemein werden für den Transport von Speisezandern etwa 1,5-2 l O_2/h je Kilogramm Fischmasse veranschlagt. Der Sauerstoffbedarf von Satzzandern ist deutlich höher, hier sollte mit einem Sauerstoffbedarf von etwa 3-4 l O_2/h je Kilogramm Fischmasse gerechnet werden. Neben der lebensnotwendigen Sauerstoffversorgung der Fische, kann durch die Zufuhr von technischem Sauerstoff die Anreicherung von CO_2 im Transportwasser verhindert werden. Hohe CO_2-Gehalte im Wasser führen zu einer Anreicherung von CO_2 im Fischblut, was letztendlich die Aufnahmefähigkeit von Sauerstoff reduziert und zum Ersticken der Zander führen kann. Die toxische Wirkung von CO_2 ist von verschiedenen Wasserparametern abhängig (z.B. SBV-Säurebindungsvermögen), allgemein sollten Konzentrationen von 15 - 20 mg/l nicht überschritten werden. Des Weiteren sollte der pH-Wert im neutralen Bereich liegen (7 – 8). Der pH-Wert ist auch hinsichtlich des im Wasser gelösten Ammonuims/Ammoniaks von großer Bedeutung. Mit ansteigendem pH-Wert (>8) und der Wassertemperatur verlagert sich das Dissoziationsgleichgewicht von Ammonium und Ammoniak zugunsten des hochtoxischen Ammoniaks. Die Folge ist eine Anreicherung von Ammoniak im Fischblut die letztendlich zu einer Selbstvergiftung der Fische führt. Empfehlenswert ist eine geringfügige Anreicherung des Transportwassers mit Salz (ca. 0,3-0,5%).

Der Transport findet sowohl in offenen, als auch in geschlossenen Transportbehältern statt. Geschlossene Behälter sind beispielsweise Transportsäcke, die mit Wasser und technischem Sauerstoff befüllt werden (Wasser/Sauerstoff-Verhältnis: 1:2). Transportsäcke werden für den Transport von kleinen Mengen juveniler Zander bis zu einer Stückmasse von 150g verwendet. Dabei empfiehlt es sich die Säcke doppelt zu nehmen, da andernfalls die Gefahr besteht, dass die Zander den Plastiksack mit ihrer hartstrahligen ersten Rückenflosse durchbohren. Für den Transport werden die Säcke flach auf den Fahrzeugboden und quer zur Fahrtrichtung gelegt. Durch die große Wasseroberfläche kann so ein optimaler Gasaustausch stattfinden, gleichzeitig bleibt das Wasser durch die Ausrichtung der Säcke ruhiger und ohne Wellenschlag. Die Transportsäcke werden abgedunkelt, da die Zander auf Schattenwurf oder direktes Licht mit Unruhe und Stress reagieren.

Für den Transport großer Zander werden in der Regel offene Transportsysteme verwendet. Diese werden bei Bedarf von außen mit Sauerstoff versorgt, der mit feinporigen Gummischläuchen oder Keramikausströmern in die Becken gebracht wird. Damit im Transportbehälter kein

Überdruck entsteht, muss das Gasgemisch den Behälter wieder verlassen können. In der Regel sind die Transportbehälter isoliert, um schnelle Temperaturveränderungen während des Transports zu verhindern.

Beim Transport von Zandern sollte die maximale Besatzdichte nicht 80-100kg/m^3 überschreiten, höhere Besatzdichten können Stress und mechanische Verletzungen begünstigen. Unter Berücksichtigung der oben genannten Vorgaben sollte die Transportdauer maximal 8 – 10 Stunden betragen. Während des Transports sollte die Sauerstoffkonzentration im Wasser regelmäßig überprüft werden.

Rechtliche Bestimmungen zur Durchführung von Fischtransporten

Die Durchführung von Lebendfischtransporten erfordert heutzutage nicht nur die Einhaltung einer guten fischereilichen Praxis, sondern muss auch den rechtlichen Bestimmungen gerecht werden. Geregelt wird dies über eine Vielzahl von Verordnungen, die den Transport von Fischen hinsichtlich Tierwohl, Seuchenhygiene und Straßenverkehrsordnung festlegt. Erstgenanntes wird durch die

„Verordnung (EG) Nr.1/2005 des Rates von 22.Dezember 2004 über den Schutz von Tieren beim Transport und damit zusammenhängenden Vorgängen sowie zur Änderung der Richtlinien 64/432/EWG und 93/119/EG und der Verordnung (EG) Nr. 1255/97“, die

„Verordnung zum Schutz von Tieren beim Transport und zur Durchführung der Verordnung (EG) Nr. 1/2005 des Rates vom 11. Februar 2009 (Tierschutztransportverordnung-TierSchTrV)“ und das

Tierschutzgesetz (TierSchG) in seiner Neufassung vom 18.Mai 2006 geregelt.

Seuchenhygienische Aspekte werden durch die

„Richtlinie 2006/88/EG des Rates vom 24.Oktober 2006 mit Gesundheits- und Hygienevorschriften für Tiere in Aquakultur und Aquakulturerzeugnisse und zur Verhütung und Bekämpfung bestimmter Wassertierkrankheiten“ und die

Fischseuchenverordnung (FischSeuchV) vom 24.November 2008 reguliert.

Für den Transport auf der Straße sind folgende gesetzliche Regelwerke zu beachten:

- **Verordnung (EG) Nr. 561/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15.März 2006 zur Harmonisierung bestimmter Sozialvorschriften im Straßenverkehr und zur Änderung der Verordnungen (EWG) Nr. 3821/85 und (EG) Nr. 2135/98 des Rates sowie zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 3820/85 des Rates**

- **Verordnung (EG) Nr. 3821/85 des Rates vom 20. Dezember 1985 über das Kontrollgerät im Straßenverkehr**
- **Verordnung (EG) Nr. 2135/98 des Rates vom 24. September 1998 zur Änderung der Verordnung (EWG) Nr. 3821/85 über das Kontrollgerät im Straßenverkehr und der Richtlinie 88/599/EWG über die Anwendung der Verordnungen (EWG) Nr. 3820/85 und (EWG) Nr. 3821/85**
- **Verordnung zur Durchführung des Fahrpersonalgesetzes (Fahrpersonlaverordnung-FPersV) vom 27. Juni 2005**
- **Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) vom 13. November 1937, Neufassung vom 28. September 1988**
- **Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße, mit Eisenbahnen und auf Binnengewässern (Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt-GGVSEB) vom 13. Juni 2009**

Bestandteil der Verordnungen zum Tierwohl sind Bestimmungen für allgemeine Bedingungen für den Transport (Wohlbefinden und Transportfähigkeit der Fische, Beförderungsdauer, geeignete und sichere Transportbehälter, Qualifikation des Personals), Transportpapiere (< 50km→ eigene Tiere können mit eigenen Transportmitteln ohne Transportpapiere gefahren werden; > 50km→ Transportpapiere erforderlich), die Zulassung als Transportunternehmer (bei Beförderungen >65km) und Transportmitteln (Eignung, Schutz vor Witterungseinflüssen, Beschilderung).

Tab. 20: erforderliche Transportunterlagen

	Dokumentation des Transports
1	Datum und Uhrzeit des Transportbeginns
2	Herkunft der Fische
3	Eigentümer der Fische
4	Versandort
5	Bestimmungsort
6	Transportdauer
7	Bescheinigung für den innereuropäischen Handel (bei Transport zwischen EU-Staaten)

Bei Kontrollen können die Behörden Transportpapiere, Tiere, Transportmittel und die Zulassung als Transportunternehmer überprüfen. Bei Verstößen gegen die gesetzlichen Bestimmungen können Bußgelder verhängt werden.

Seuchenrechtliche Bestimmungen sollen die Übertragung von melde- und anzeigepflichtigen Krankheiten verhindern. Aus diesem Grund müssen nach *FischSeuchV* Fische aus Aquakultur in geschlossenen Behältern so transportiert werden, dass nicht mehr Wasser als unvermeidlich auslaufen kann. Transportwasser darf auch nicht unmittelbar in Gewässer eingeleitet werden. Bei Transporten in ein Schutzgebiet oder ein Gebiet mit Überwachungs- und Tilgungsprogramm der EU muss eine Gesundheitsbescheinigung mitgeführt werden (*FischSeuchV, § 13 Abs. 1*). Nach dem Transport sind die Transportbehälter und sämtliche Geräte zu reinigen und ausreichend zu desinfizieren. Zur Überprüfung muss jeder **Transportbetrieb** Buch führen. Darin enthalten sind Angaben zu Verkäufer und Käufer der Fische, Orts- und Zeitangabe des Transports, Fischart, Stückzahl und Masse der Fische, Mortalität während des Transports und jeden Wasserwechsel mit Angabe zur Wassermenge und dem Ort. Darüber hinaus müssen alle Betriebe darin benannt werden, die das Transportfahrzeug anfährt. Diese Aufzeichnungen sind mindestens drei Jahre lang aufzubewahren.

4.18 Auswilderung

In den Jahren 2012 bis 2014 wurden in Kooperation mit dem Fischereiunternehmen Werner Loch (Hohen Sprenz) mehrere Auswilderungsversuche mit Kreislauf-Zandern durchgeführt. Dafür wurden im Frühjahr zwei Teiche bespannt (0,5 und 1 ha) und mit Futterfischen besetzt (Ukelei, Plötze). Anschließend wurden die Teiche mit zweijährigen Zandern (1 300 g; 2012), mit 18 Monate alten Zandern (1 000 g; 2013) und mit 12 Monate alten Tieren (700 g; 2014) besetzt. Bei den unregelmäßigen Kontrollen am Gewässer konnten während des Sommers keine Verluste festgestellt werden, allerdings war ein andauernder Einflug von Kormoranen zu beobachten. Nach Ausschöpfung der Vegetationsperiode wurden die Teiche im November abgefischt. In allen Jahren konnte eine geringfügige Gewichtszunahme ermittelt werden (0,05 bis 0,1 kg), und die Tiere waren von guter Kondition. Unterschiede ergaben sich aber bei der Überlebensrate. Während von den großen Zandern nur 50 % abgefischt werden konnten, lag die Überlebensrate der mittleren Größenklasse (1 000 g) bei 70 %. Die höchste Überlebensrate erreichte die kleinste Größenklasse mit 78 %. Die Ergebnis weisen darauf hin, dass die Umstellung auf natürliche Lebensbedingungen für Zander aus intensiven Produktionssystemen möglich ist. Allerdings scheint der Erfolg abhängig von der Satzfischgröße zu sein. Auch die Verfügbarkeit geeigneter Futterfische spielt eine große Rolle. So erwiesen sich beispielsweise Karauschen weniger geeignet als Plötzen oder Ukelei.

4.19 Betriebswirtschaft

Im Rahmen eines Pilotprojektes des Instituts für Fischerei zur Entwicklung einer Zanderaquakultur in MV wurde auf Grundlage der Ergebnisse der Pilotanlage Hohen Wangelin eine Beispielkalkulation für eine 100 t – Produktionsanlage erstellt. Einen dreimaligen Besatz im Jahr vorausgesetzt wird dafür ein Produktionsvolumen von 700 m^3 benötigt, inklusive Wasseraufbereitung beläuft sich das Gesamtvolumen auf etwa 1 000 m^3. Die Investitionskosten für die Kreislaufsysteme liegen, je nach technischer Ausstattung, bei etwa 15 000 €/Jahrestonne, d. h. 1,5 Mio €. Die Investitionskosten für die Halle (ca. 2 000 m^2) wurden mit 400 €/m^2, insgesamt also 0,8 Mio € angesetzt (Tab. 21). Beide Investitionskosten werden stark von Standortfaktoren beeinflusst. Beispielsweise ist die Qualität (und damit der Preis) der Grundplatte wesentlich von der Bodenbeschaffenheit und der erforderlichen Nutzlast abhängig.

Tabelle 21: Kennzahlen einer 100 t –Mastanlage für die Zander-Aquakultur

Kennzahlen	
Produktionsmenge (t/a)	100
Besatzintervall (n/a)	3
Gesamtvolumen (m^3)	1 000
Produktionsvolumen (m^3)	700
Investitionskosten Aufzucht (€)	1 500 000
Investitionskosten Halle (€)	800 000

Bei einem avisierten mittleren Endgewicht von 0,9 kg werden für die Produktion von 100 t Speisezandern ca. 120 000 Satzzander benötigt. Gute Aufzuchtbedingungen vorausgesetzt beträgt die Verlustrate über die gesamte Mastdauer < 10 %. Der tägliche Frischwasserbedarf ist mit 10 % anzusetzen, wobei die Möglichkeit zur >50 %igen Einsparung von Wasser besteht, sofern die Aufbereitung mit einer weiteren Reinigungsstufe (Denitrifikation) ausgestattet wird. Des Weiteren werden für die Erzeugung von 1 kg Zander etwa 1,1 kg Trockenfutter und 0,7 kg Sauerstoff benötigt. Der Strom- und Wärmebedarf für die Erzeugung eines kiloschweren Zanders beläuft sich auf 6 kW, bzw. 5 kW. Im Routinebetrieb kann die Anlage durch eine qualifizierte Person

betreut werden, jedoch ergibt sich durch Rufbereitschaft, Wochenendbetreuung, Sortierung und Abfischung weiterer Bedarf. Insofern ist eine zweite Arbeitskraft einzubeziehen (Tab. 22).

Tabelle 22: Jährlicher Bedarf an Satzfischen, Betriebsmitteln und Arbeitskräften einer 100 t - Mastanlage

Jährlicher Bedarf	
Satzfische (n)	120 000
Frischwasser (m^3)	36 500
Futtermittel (t)	110
Sauerstoff (t)	70
Strom (MW)	600
Wärme (MW)	500
Arbeitskraft (n)	2

Die Sachkosten für 1 kg Zander belaufen sich auf etwa 6 €, zuzüglich Zinsansatz (1%) und Personalmittel ca. 7 €. Bei der Vollkostenanalyse erhöhen sich die Kosten wesentlich durch die hohen Wertminderungen (AFA), durch die sich Gesamtkosten von 8,83 €/kg ergeben. Wird noch alle 10 Jahre ein Totalausfall angenommen (Risikoansatz), dann liegen die Vollkosten in einer 100 t - Anlage bei 9,71 €/kg Lebendfisch (Tab. 23). Das Ergebnis zeigt, dass ein wirtschaftlicher Erfolg wesentlich von der Höhe der Investitionskosten abhängt. Die Nutzung von Altbauten kann daher eine sinnvolle Alternative sein, sofern sie nicht in höheren Kosten für die Anschaffung und den Betrieb der Haltungssysteme resultiert. Besonders Strom und Wärmeenergie aber auch Frisch- und Abwasser sind bedeutende Kostenfaktoren, die wesentlich vom Hallen- und Anlagendesign, bzw. dem Standort abhängen. Hier können durch ein optimiertes Design wesentliche Kosten eingespart werden. Besonders der Kostenfaktor Wasser kann regional stark variieren. Dabei ist nicht nur der Preis des Zulaufwassers entscheidend, sondern vor allem muss auch der Preis und Vorgaben für das ablaufende Wasser berücksichtigt werden. Dagegen gibt es bei den Futtermitteln nur wenig Einsparpotential, da der Zander das Futterpellet bereits nahezu 1:1 umsetzt. Ein weiterer wichtiger Faktor sind die Satzfische. Augenblicklich sind Satzzander nicht über das ganze Jahr in ausreichender Stückzahl erhältlich. Bei den erhältlichen Chargen variiert die Qualität sehr stark und nicht immer ist die Kondition der Tiere ausreichend. Überwiegend handelt es sich um juvenile Zander, die in Teichen angefüttert und später auf ein Trockenfutter umgestellt wurden. Obwohl häufig von guter Qualität ist bei diesen Tieren immer die Gefahr gegeben, dass Krankheiten auf den Bestand übertragen werden. Da-

gegen ist die außersaisonale Vermehrung von Zandern in speziellen Zuchtbetrieben unter künstlichen Bedingungen äußerst schwierig, ein Erfolg kann nicht immer sichergestellt werden. Dieser hohe Aufwand macht den Satzzander (10 g) zu einem stark nachgefragten Produkt mit vergleichsweise hohen Preisen von 1,0 bis 1,5 €/Stück.

Tabelle 23: jährliche Gesamtkosten für die Produktion von 100 t Speisezandern

Posten	**€ / Einheit**	**€ gesamt**
Strom (kW)	0,27	162 000
Futtermittel (kg)	1,4	154 000
Satzfische (n)	1,2	144 000
Wasser (m^3)	1,5	55 000
Wärme (kW)	0,06	30 000
Sonstiges (Equipment, Reparaturen, Ersatz, Tierarzt, Versicherungen etc.)		25 000
Sauerstoff (kg)	0,25	18 000
Variable Kosten		**588 000**
Zinsansatz (%)	1	25 000
Personal	40 000	80 000
Gesamtkosten		**693 000**
AFA (Aufzucht)		150 000
AFA (Halle)		40 000
Gesamtkosten + AFA		**883 000**
Risikoansatz (10 %)		88 300
Vollkosten		**971 300**

4.20 Außenanlage



Abb. 58: Abriss der Außenanlage

Die im Rahmen des Bauvorhabens "Neubau Zander-Warmwasser-Experimentalanlage" geplante Außenanlage konnte baulich nicht fertiggestellt und in Betrieb genommen werden. Die mit der Ausführung beauftragte Firma mineralit GmbH war seit 2011 mit der Fertigstellung der Außenanlage in Verzug. Das bis dahin hergestellte Bauwerk wies gravierende Baumängel auf. Das seitens der LFA am Landgericht Rostock angestrebte selbständige Beweissicherungsverfahren wurde 2014 abgeschlossen. Durch den gerichtlich bestellten Gutachter wurde vorgeschlagen, das mangelhafte Becken abzubrechen und durch einen Neubau zu ersetzen. Nach Abschluss dieses Verfahrens wird in einem weiteren gerichtlichen Verfahren über das weitere Vorgehen zum Bauvertrag mit der Firma mineralit GmbH entschieden. Im September 2014 erfolgte der Abriss des Bauwerks.

Der Bau einer neuen Außenanlage in der laufenden Phase war bis zum Projektende nicht mehr realisierbar.

5 Ausblick

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass eine rentable Produktion in Kreislaufanlagen bereits möglich sein kann, jedoch aufgrund hoher Investitions- und Betriebskosten häufig nicht erreicht wird. Als weiteres Problem steht die geringe Verfügbarkeit von leistungsstarken Satzzandern einer wirtschaftlichen Speisezanderproduktion entgegen. Beide Problemfelder sollen nun die Schwerpunkte des Innovationsprojektes „Optimierung des Produktionsverfahrens zur Aufzucht von Zandern in standortunabhängigen Systemen“ bilden. Dabei sollen praxistaugliche Verfahren für die ganzjährige Erzeugung von großen Mengen leistungsstarker und parasitenfreier Satzzander entwickelt werden. Dies soll durch eine zielgerichtete Zuchtarbeit, die Anpassung des Managements und der Technik, aber auch durch die Beantwortung fischphysiologischer

Fragestellungen erfolgen. Für den Bereich Speisefischproduktion ist eine Prüfung des Aufzuchtverfahrens in Fließkanälen projektiert. Während der Aufzucht werden praktikable Lösungswege für eine kostenreduzierte Produktion, das Hygienekonzept, das Fütterungsregime und die fischschonende Handhabung erprobt. Während des gesamten Produktionszyklus werden das Wohlbefinden und die Gesundheit der Tiere überwacht, so dass später Empfehlungen für eine Produktion gesunder Fische abgeleitet werden können. Neben den Forschungsansätzen ist der Wissenstransfer ein weiterer Meilenstein des Innovationsprojektes. Die Ergebnisse sollen durch Fachartikel, Vorträge in die Öffentlichkeit transferiert werden. Auch soll die fachliche Qualifikation von Anlagenbetreibern durch Weiterbildungsangebote und Beratungen auf Landesebene verbessert werden. Sowohl mit der technischen Entwicklung als auch mit dem Weiterbildungsangebot soll das Innovationsprojekt einen wesentlichen Beitrag zum Aufbau einer Aquakulturproduktion in Mecklenburg-Vorpommern leisten.

6 Literaturverzeichnis

Barrows F.T., Zitzow R.E., Kindschi, G.A. (1993): Effects on surface water spray, diet and phase feeding on swim bladder inflation, survival and cost of production of intensively reared larval walleyes. The Progressive Fish Culturist 55, 224-228

Bär J., Zienert S., Wedekind H. (2001): Neue Erkenntnisse zur Umstellung von Natur- auf Trockenfutter bei der Aufzucht von Zandern (Sander lucioperca). Fischer und Teichwirt 52: 243-244

Brämick, U. (2014): Jahresbericht der deutschen Binnenfischerei 2013: 52 S.

Fontaine P., Kestemont P., Teletchea F., Wang N. (editors) (2008): Percid Fish Culture-From Research to Production. Tagungsband Namur (Belgium) 23.-24.01.2008: 150 S.

Jennerich H. J., Schulz S. (2013): Überprüfung von süßwassergespeisten Kaltwasserkreisläufen für die Entwicklung der Aquakultur in Mecklenburg-Vorpommern. Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Heft 51: Beiträge zur Fischerei: 56-69.

Kucharczyk D., Kestemont P., Mamcarz A. (editors) (2007): Artificial Reproduction of Pikeperch. ISBN 978-83-923855-0-9: 80 S.

Moore A., Prange M. A., Summerfelt R. C., Bushman R. P. (1994): Evaluation of tank shape and a surface spray for intensive culture of larval walleyes fed formulated feed. The Progressive Fish-Culturist 56: 100-110

Müller-Belecke A. und Zienert S. (2008): Out-of-season spawning of pikeperch (Sander lucioperca) without the need for hormonal treatments. Aquaculture Research 39: 1279-1285

Müller-Belecke A., Zienert S., Thürmer C., Kaufhold S., Spranger U. (2013): Entwicklung eines innovativen Denitrifikationsreaktors und seine Leistungsprüfung in einer geschlossenen Kreislaufanlage zur Zanderaufzucht. Fischer und Teichwirt 02/2013: 46 – 50.

Ronyai A. (2007): Induced out-of-season and seasonal tank spawning and stripping of pike perch (Sander lucioperca). Aquaculture Research 38: 1144-1151

Schmidt G., Wedekind H. (2006): *Ad hoc*-Umstellung von vorgestreckten Zandern (Zv) auf ein handelsübliches Trockenfutter. Jahresbericht 2006 des Instituts für Fischerei der Bayeri-schen Landesanstalt für Landwirtschaft: 33-34

Schmidt G., Kühn C. (2013): Aufbau und Entwicklung einer Zander-Aquakultur (*Sander lucioperca*) in Mecklenburg-Vorpommern. Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV, Beiträge zur Fischerei Heft 51: 90 - 103.

Zakes Z. (2007): Out-of-season spawning of cultured pikeperch (Sander lucioperca). Aquaculture Research 38, 1419-1427

Zienert S. und Wedekind H. (2001): Erfahrungen bei der Umstellung von Zandern (Sander lucioperca) auf Trockenfuttermittel. Fischer und Teichwirt 6: 202-203.

Zienert S. und Heidrich S. (2005): Aufzucht von Zandern in der Aquakultur. Schriftenreihe des Instituts für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow Bd. 18: 60 S.

7 Wissenstransfer

Die Überleitung der im Rahmen dieses Forschungsthemas gewonnenen Ergebnisse erfolgte im Jahr 2014 in Form nachfolgender Publikationen und Vorträge:

Publikationen

Schmidt G., Kühn C. (2013): Stand und Entwicklung der Zanderaquakultur in MV". Fischerei und Fischmarkt in MV, 2013

Schmidt G., Kühn C. (2013): Stand und Entwicklung der Zanderaquakultur in MV". AUF AUF Baden Württemberg

Schmidt G., Kühn C. (2013): Zanderaquakultur in MV schwimmt oben", Das Blatt 3/2013: 23

Schmidt G., Kühn C. (2014): Qualitätssicherung für die außersaisonale Vermehrung von Zandern in Kreislaufanlagen. Das Blatt 3/2014: 26-27

Schmidt G. (2104): Wassermanagement und Hygienemaßnahmen in hintereinander geschalteten Aquakultursystemen. XV. Gemeinschaftstagung der European Association of Fish Pathologists (EAFP), 8 – 11.10.2014, Starnberg. Book of Abstracts: 53

Schmidt G., Müller-Belecke A., Spranger A. (2014): Praktische Erfahrungen zum Einsatz eines Inertgas-Denitrifikationsreaktors in einer geschlossenen Kreislaufanlage. Gemeinschaftstagung der European Association of Fish Pathologists (EAFP), 8 – 11.10.2014, Starnberg. Book of Abstracts: 69

Garcia M.G., Preuer T., Schmidt G., Kloas W., Knopf K. (2014): Nichtinvasive Messung von akutem Stress beim Zander: Plasmacortisol vs. Cortisolkonzentration im Wasser. Gemeinschaftstagung der European Association of Fish Pathologists (EAFP), 8 – 11.10.2014, Starnberg. Book of Abstracts: 64

Garcia M.G., Krämer S., Preuer T., Schmidt G., Kloas W., Knopf K. (2014): Einfluss der Besatzdichte auf Stressparameter und Immunstatus beim Zander (Sander lucioperca). Gemeinschaftstagung der European Association of Fish Pathologists (EAFP), 8 – 11.10.2014, Starnberg. Book of Abstracts: 26

Manthey-Karl M., Schmidt G. (2015): Pikeperch (*Sander lucioperca*) from a recirculating aquaculture system – quality assessment and comparison with frozen products from retail. West European Fish Technologist Association Meeting (WEFTA), Book of Abstracts.

Knopf K., Garcia M.G., Krämer S., Preuer T., Schmidt G., Kloas W. (2015): Einfluss der Besatzdichte auf Stressparameter und Immunstatus beim Zander (*Sander lucioperca*). Fischgesundheit und Fischerei im Wandel der Zeit. XV Gemeinschaftstagung der European Association of Fish Pathologists (EAFP), 8 – 11.10.2014, Starnberg. ISBN 978-3-00-048887-0; Tagungsband: 71 – 78.

Schmidt G. (2015): Wassermanagement und Hygienemaßnahmen in hintereinander geschalteten Aquakultursystemen. Fischgesundheit und Fischerei im Wandel der Zeit. XV Gemeinschaftstagung der European Association of Fish Pathologists (EAFP), 8 – 11.10.2014, Starnberg. ISBN 978-3-00-048887-0; Tagungsband: 201 – 205.

Knopf K., Garcia M.G., Preuer T., Schmidt G., Kloas W. (2015): Nichtinvasive Messung von akutem Stress beim Zander: Plasmacortisol vs. Cortisolkonzentration im Wasser. Fischgesundheit und Fischerei im Wandel der Zeit. XV Gemeinschaftstagung der European Association of Fish Pathologists (EAFP), 8 – 11.10.2014, Starnberg. ISBN 978-3-00-048887-0; Tagungsband: 237 – 240.

Schmidt G., Müller-Belecke A., Spranger A. (2015): Praktische Erfahrungen zum Einsatz eines Inertgas-Denitrifikationsreaktors in einer geschlossenen Kreislaufanlage. Fischgesundheit und Fischerei im Wandel der Zeit. XV Gemeinschaftstagung der European Association of Fish Pathologists (EAFP), 8 – 11.10.2014, Starnberg. ISBN 978-3-00-048887-0; Tagungsband: 237 – 240.

Müller-Belecke, A., Kaufhold, S., Schmidt, G., Kühn, C., Spranger, A. (2015): Development and performance testing of a compact phosphor elimination module for RAS discharge water. Abstract book Aquaculture Europe 2015, Rotterdam, 21- 23.10.2015.

Poster

Wegen S., Hüpeden J., Kühn C., Schmidt G., Spieck E. (2014): Comparing the nitrifying communities of two different freshwater recirculation aquaculture systems connected by the waterflow. Annual meeting of the Association for General and Applied Microbiology, 05-08.10.2014, Dresden.

Garcia M.G., Preuer T., Schmidt G., Kloas W., Knopf K. (2014): Nichtinvasive Messung von akutem Stress beim Zander: Plasmacortisol vs. Cortisolkonzentration im Wasser. Gemeinschaftstagung der European Association of Fish Pathologists (EAFP), 8 – 11.10.2014, Starnberg.

Schmidt G., Müller-Belecke A., Spranger A. (2014): Praktische Erfahrungen zum Einsatz eines Inertgas-Denitrifikationsreaktors in einer geschlossenen Kreislaufanlage. Gemeinschaftstagung der European Association of Fish Pathologists (EAFP), 8 – 11.10.2014, Starnberg.

Manthey-Karl M., Schmidt G. (2015): Pikeperch (*Sander lucioperca*) from a recirculating aquaculture system – quality assessment and comparison with frozen products from retail. West European Fish Technologist Association Meeting (WEFTA), Nantes

Öffentlichkeitsarbeit

Vorträge

25.02.2013	Stand und Entwicklung der Zanderaquakultur in Mecklenburg-Vorpommern. Binnenfischereitag MV, Güstrow
03.04.2013	Wohlbefinden der Fische. DLG Aquakulturausschuss Sitzung in Waren
07.05.2013	Berufsbild Fischwirt. Berufsorientierungstag Gesamtschule Fleesensee
11.07.2013	Projektvorstellung: Aufbau und Entwicklung einer Zanderaquakultur in Mecklenburg-Vorpommern. Universität Rostock, Lehrstuhl Aquaculture and Sea-Ranching

20.09.2013 Development of pikeperch aquaculture in Mecklenburg-Vorpommern. Summerschool Universität Rostock, Hohen Wangelin

24.09.2013 Development of pikeperch aquaculture in Mecklenburg-Vorpommern. Besuch SMUL, Zentrum für Tierhaltung und Technik Iden, Hohen Wangelin

24.09.2013 Current status of aquaculture in Germany. Besuch SMUL, Zentrum für Tierhaltung und Technik Iden, Hohen Wangelin

08.10.2014 Zanderaquakultur in standortunabhängigen Kreislaufsystemen. Informationsveranstaltung des Instituts für Fischerei, Rostock

08.10.2014 Einfluss der Besatzdichte auf die Stressparameter und Immunstatus beim Zander (*Sander lucioperca*). Gemeinschaftstagung der European Association of Fish Pathologists (EAFP), 8 – 11.10.2014, Starnberg.

09.10.2014 Wassermanagement und Hygienemaßnahmen in hintereinander geschalteten Aquakultursystemen. Gemeinschaftstagung der European Association of Fish Pathologists (EAFP), 8 – 11.10.2014, Starnberg.

09.02.2015 Zanderaquakultur: kurzlebiger Trend oder die Zukunft. Schweizer Fischforum 2015 der ZHAW, Frutigen

28.02.2015 Erfolgreiche außersaisonale Reproduktion in der Zanderpilotanlage Hohen Wangelin. Binnenfischereitag MV, Waren

26.08.2015 Aquakulturforschung am Standort Hohen Wangelin. Deutscher Fischereitag 2015 Rostock, Vortragsveranstaltung des VDBI

29.09.2015 Zanderaquakultur am Standort Hohen Wangelin. Informationsveranstaltung des Instituts für Fischerei, Rostock

01.10.2015 Ausbildung zum Fischwirt. Beruforientierende Messe Gesamtschule Fleesensee

20.10.2015 Experiences with the production cycle of pikeperch in a RAS. European Aquaculture Society 2015 Rotterdam, EPFC workshop

Führungen

Die Pilotanlage erfreute sich eines großen Publikumsinteresses. Fachbesucher (Ausschüsse, Universitäten, Fachhochschulen, Fachschulen) nahmen die Gelegenheit zur Information wahr. Darüber hinaus wurde das System potentiellen Investoren im Land Mecklenburg-Vorpommern vorgestellt.

Tab. 24: Besucheranzahlen in den Projektjahren

Jahr	Gäste
2012	350
2013	300
2014	250
2015	350