



## **Praxiserprobung eines innovativen Verfahrens in der Wels-Aquakultur:**

Hälterung mit stressfreiem, selbstständigem  
Überschwimmen der Fische zur Schlachtung



# **Abschlussbericht**

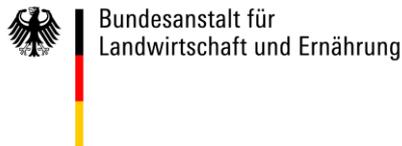
Projektförderung:

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Finanzierung:



Zuwendungsempfänger: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Fischerei (IFI), Weilheimer Str. 8, 82319 Starnberg

Förderkennzeichen (Fkz): 2813MDT901

Geschäftszeichen: 15-7997.6 (BLE: 314-06.01-2813MDT901)

Thema: Praxiserprobung eines innovativen Verfahrens in der Wels-Aquakultur: Hälterung mit stressfreiem, selbstständigem Überschwimmen der Fische zur Schlachtung

Projektlaufzeit: 01.08.2015 bis 31.05.2017

Berichtszeitraum: 01.08.2015 bis 31.05.2017

Projektleiter: Dr. Helmut Wedekind

Projektbearbeiter: Marcus Zielasko

Verbundpartner: Ahrenhorster Edelfisch GmbH&Co.KG,  
Bornhagenweg 3, 49635 Badbergen

Fkz des Verbundpartners: 2814MDT911

Herausgegeben im: Mai 2017

# **Praxiserprobung eines innovativen Verfahrens in der Wels-Aquakultur:**

**Hälterung mit stressfreiem,  
selbstständigem Überschwimmen  
der Fische zur Schlachtung**



# INHALTSVERZEICHNIS

1	Aufgabenstellung und Ziel des Vorhabens .....	6
2	Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde .....	7
3	Planung und Ablauf des Vorhabens .....	9
4	Umgesetzte Methoden und Verfahren .....	10
4.1	Literaturrecherche .....	11
4.2	Installation eines zusätzlichen Versuchsdesigns am Institut für Fischerei in Starnberg .....	11
4.3	Installation des innovativen Hälterbeckens mit integrierter Betäubungseinheit .....	12
4.4	Überschwimmversuche mit Beobachtung des Verhaltens und äußeren Erscheinungsbildes der Fische .....	13
4.5	Probennahmen .....	16
5	Eingehende Darstellung über .....	17
5.1	erzielte Ergebnisse und den Erfolg des Vorhabens .....	17
5.2	darüber hinaus gewonnene Erkenntnisse .....	22
5.3	Fortführung der umgesetzten Maßnahmen nach der Laufzeit des MuD Vorhabens (Konsequenzen, notwendige Anpassungen etc.) .....	24
6	Erzielte tierschutzrelevante Verbesserungen auf dem Praxisbetrieb .....	25
7	Evaluation des Vorhabens .....	25
8	Zusammenfassung .....	26
9	Gesonderte Abhandlungen .....	27
9.1	Darstellung eines möglichen Forschungsbedarfs, der sich aufgrund der Umsetzung des Modell- und Demonstrationsvorhabens ergeben hat .....	27
9.2	Kurzfassung der Ergebnisse in allgemeinverständlicher, zur Veröffentlichung geeigneter Form in deutscher Sprache sowie in englischer Sprache .....	27
	Tabellenverzeichnis .....	27
	Quellenverzeichnis .....	28

# 1 AUFGABENSTELLUNG UND ZIEL DES VORHABENS

Die Fischerei im Allgemeinen und die Aquakultur im Speziellen nehmen weltweit einen immer größeren Stellenwert in der Produktion wertvoller und gesunder tierischer Lebensmittel ein. Dies belegen unter anderem die Zahlen der FAO (2016). Mit der gesteigerten Nachfrage von Aquakulturprodukten wird aber auch die Frage nach dem Wohl der produzierten Tiere immer lauter. Das Interesse der Verbraucher, aber auch der Produzenten, am Lebensmittel Fisch und dessen möglichst artgerechter und stressarmer Haltung, steigt stetig, wie z.B. die Arbeiten von Ellis et al. (2002), Huntingford et al. (2006) oder North et al. (2006) zeigen.

Vor der Be- und Verarbeitung werden Fische aus der Aquakulturproduktion i.d.R. gehältert, d.h. zum Zwecke der Qualitätsverbesserung und Bevorratung vorübergehend in sauberem Wasser gehalten. Die Hälterung erfolgt zumeist bei verringerten Wassertemperaturen und unter stetigem Frischwasserzulauf, um eine vollständige Entleerung des Verdauungstraktes und auch eine Verbesserung der sensorischen Fleischqualität zu erreichen. Das Entnehmen der Schlachtfische aus der Hälterung erfolgt in der Praxis durch Keschern, wobei es zu einer starken Beunruhigung und akuten Stressbelastung der gefangenen Fische sowie des übrigen Bestandes kommt.

Ziel des Projekts war die Umsetzung der Idee des Partnerbetriebes (Verbundpartner) für eine Hälterungsanlage mit der Möglichkeit zur Separierung und Einzelentnahme von Schlachtfischen intensiv aufgezogener Europäischer Welse (*Silurus glanis*). Es sollte eine technische Lösung zur Reduzierung bzw. Vermeidung des Stress verursachenden Fangs von Europäischen Welsen mittels Kescher aus der Hälterung bzw. der Handhabung von Schlachtfischen erarbeitet werden. Damit sollte eine Verbesserung des Tierwohls, der Fischqualität und der Fischbearbeitung in der intensiven Aquakultur erreicht werden. Das Herausheben aus dem Wasser stellt für die Fische eine erhebliche Stressbelastung dar. Deshalb sollte eine innovative Hälterungseinrichtung für Europäische Welse geplant und errichtet werden, in der die Fische selbstständig vom Hälterbecken in eine Betäubungseinrichtung schwimmen. Diese sollte wissenschaftlich auf ihre Funktionalität und Wirkung auf die Fische, insbesondere im Hinblick auf das Tierwohl, die Fischqualität und den nötigen Arbeitseinsatz untersucht werden. Damit sollte ein Beitrag zur praktischen Umsetzung und Anwendung eines innovativen Verfahrens zur Verbesserung des Tierwohls in der Aquakultur geleistet werden.

Die Aufgabenstellung setzte sich aus mehreren Punkten zusammen. Als erstes war eine neuartige Anlage zur Hälterung und Überführung in eine Betäubungseinheit von Europäischen Welsen zu planen und im Praxisbetrieb zu installieren. Danach sollte diese auf

ihre Funktionalität überprüft und durch gegebenenfalls nötige Modifikationen verbessert werden. Ziele hierbei waren eine möglichst stressarme Hälterung der Fische sowie ein selbstständiges, ruhiges Einschwimmen der Welse in die Betäubungsvorrichtung. Durch das freiwillige Einschwimmen sowie dem entfallenden Fang mit Keschern und der damit verbundenen Ballung der Fische auf engstem Raum, sollte eine Reduktion der Stressbelastung erzielt werden. Das Verhalten der Welse in der neuen Hälterungseinheit sowie die Einschwimmergebnisse waren dokumentarisch zu erfassen und zu protokollieren. Hierbei wurde ein besonderes Augenmerk auf die Interaktionen zwischen den Welsen sowie die Akzeptanz und Funktionalität der Versuchsvorrichtung gelegt. Folgend sollte die Anlage unter Aspekten des Tierwohls hinsichtlich messbarer Stress- und Fleischqualitätsparameter mit der konventionellen Methode zur Hälterung und Betäubung von Schlachtfischen verglichen werden. Auch die Gegenüberstellung der Wirtschaftlichkeit und des Arbeitseinsatzes beider Methoden war in die Arbeit miteinzubeziehen.

## 2 VORAUSSETZUNGEN, UNTER DENEN DAS VORHABEN DURCHGEFÜHRT WURDE

Ausgangspunkt für diese Arbeit war das Bestreben, die heute übliche Praxis, nämlich das Einengen mittels Gitterrahmen und die darauf folgende Entnahmen der Fische aus dem Hälterbecken mit Keschern, tierwohlgerechter zu gestalten, da diese Vorgehensweise für die Fische erheblichen Stress sowie eine potentielle Gefahr für Verletzungen bedeutet. Des Weiteren ist sie mit enorm anstrengender Arbeit für die Mitarbeiter in der Fischverarbeitung verbunden. Bislang fehlt es an technischen Lösungen zur Verringerung der auftretenden Belastungen und Schäden.

In der Hälterung befinden sich die Fische im Unterschied zur Fischhaltung nur kurzzeitig. Während dieser Phase soll kein Wachstum mehr erzielt werden, es findet auch keine Fütterung mehr statt. Sie dient in erster Linie dem Ausnüchtern, Sortieren und Bereitstellen von Fischen zur Schlachtung oder zum Transport. Daher gelten für die Hälterung andere technische Voraussetzungen als für die Haltung, beispielsweise die Aufzucht oder Mast der Fische. Aufgrund der meist sehr hohen Besatzdichten während der Hälterung müssen aus Tierschutz- und Qualitätsgründen wichtige Wasserparameter, wie Sauerstoffkonzentration und Temperatur, besonders beobachtet werden. Die entsprechenden Anforderungen sind allerdings artspezifisch.

Die mit der Abfischung und Hälterung verbundene Handhabung der Fische stellt eine erhebliche Belastung dar, die anhand physiologischer Stressreaktionen gut nachweisbar ist

(Barton/Iwama, 1991; Wendelaar Bonga, 1997). Bei manchen Praktiken der Abfischung und Hälterung treten sogar äußerlich sichtbare Schäden, sog. Hälterschäden, an Haut und Flossen auf, die beispielsweise von Mustapha (2014) beschrieben wurden. Diese Belastungen gelten selbst bei fachgerecht durchgeführten Bewirtschaftungsmaßnahmen (Ballung, Fang, Umsetzen, Hälterung) im Rahmen bestehender Praktiken zumeist als unvermeidbar.

Besondere Probleme werden in der Praxis bei der Hälterung von Warmwasserfischen beobachtet. Aus Kreislaufanlagen stammende Europäische Welse, *Silurus glanis*, zeigen nach dem Einsetzen in Hälterungsbecken teils massive Verhaltensänderungen, wie z.B. erhöhte Atemfrequenz, Aggressivität, verändertes Schwimmverhalten, Stereotypien und anderes abnormales Verhalten, die letztendlich zu erheblichen, tierschutz- und qualitätsrelevanten Erscheinungen führen: Verbiss, Hautschäden, Flossenverlust, erhöhte Mortalität. Eine Hauptursache für diese Hälterungsschäden ist die häufige Beunruhigung der Fische durch Kescherentnahmen für die Schlachtung. Darüber hinaus stellt das Herausfangen und Handhaben an der Luft eine hohe Stressbelastung dar, die sich nicht nur negativ auf das Wohlbefinden der Tiere, sondern auch auf die Fleischqualität auswirken kann (Wedekind/Schreckenbach, 2003; Poli et al., 2005; Poli, 2009)

Die Ahrenhorster Edelfisch GmbH&Co.KG ist schon seit 1993 in der Fischzucht in Kreislaufanlagen tätig und mit ca. 120 Tonnen jährlich der führende Produzent Europäischer Welse in Deutschland. Neben den Aquakulturanlagen verfügt der Betrieb über eine moderne Fischverarbeitung sowie erfahrenes Fachpersonal in der Fischzucht und -haltung, Verarbeitung und Vermarktung von Fischen. Da die Themen Tierschutz und Tierwohl sowie Fischqualität schon immer im Mittelpunkt des Unternehmens standen und optimale technische Voraussetzungen geboten wurden, war der Betrieb der ideale Praxispartner für dieses Projekt.

Einer der Arbeitsschwerpunkte des Instituts für Fischerei (IFI) in Starnberg ist die anwendungsorientierte Forschung zur Aquakultur und Fischverarbeitung. Aktuell werden in verschiedenen Projekten angewandte Fragestellungen zur intensiven Aquakultur und insbesondere zum Tierwohl bei Nutzfischen bearbeitet. Letztere stehen im thematischen Zusammenhang mit dem Arbeitsschwerpunkt „Tierwohl“ an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), welcher im Sinne einer Weiterentwicklung des Tierschutzes und einer Verbesserung des Tierwohls für alle Bereiche der tierischen Erzeugung besteht.

Im vorliegenden Projekt konnte auf frühere Arbeiten zur intensiven Fischhaltung, zu Stress und Haltungs- beziehungsweise Hälterungsschäden bei Fischen sowie eine gute Sach- und Personalausstattung zurückgegriffen werden.

### 3 PLANUNG UND ABLAUF DES VORHABENS

Der praktische Teil des Vorhabens wurde beim Verbundpartner, der Ahrenhorster Edelfisch GmbH&Co.KG, durchgeführt. Dieser war für die Detailplanung sowie den Aufbau der Demonstrationsanlage, bestehend aus Hälterbecken inklusive Betäubungsbehälter, Strömungspumpe und dazugehörigen Rohrleitungen verantwortlich. Darüber hinaus sorgte der Betrieb für die Bereitstellung, Hälterung und Verarbeitung der benötigten Schlachtfische. Den wissenschaftlichen Teil des Projekts, inklusive Beratung bei der Errichtung der Ablage, Versuchsplanung, Versuchsdurchführung mit Probennahmen sowie deren Analyse und Auswertung, übernahm das IFI.

Beginn des Projekts war der 01.08.2015. In einem ersten Treffen aller Beteiligten wurde ein konkreter Plan der durchzuführenden Arbeiten erstellt. Dieser bestand aus einer Meilensteinplanung mit dazugehörigem Zeitplan. In der ersten Phase des Projekts wurden durch die Ahrenhorster Edelfisch GmbH&Co.KG Standortvorbereitungen getroffen. Das IFI betrieb in dieser Zeit eine Literaturrecherche zur Festlegung geeigneter Parameter zur Bestimmung von Stress und der Fleischqualität bei Fischen. Weiterhin diente die Recherche der Suche nach Veröffentlichungen von Werten der genannten Parameter beim Europäischen Wels sowie eventuell vorhandener ähnlicher Arbeiten. Bezüglich Letzterem existieren, unserem Wissen nach, bislang keine Veröffentlichungen. Die Bestimmung der Cortisolwerte erfolgte im Labor des Lehrstuhls für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung der tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Da es aufgrund des um einen Monat verspäteten Projektbeginns und Problemen bei der Lieferung der neuartigen Anlage zu Verzögerungen im Zeitplan kam, konnten erst im Januar 2016 erste Vorversuche im Praxisbetrieb durchgeführt werden. Hierbei wurden Wasserwerte verschiedener Haltungseinrichtungen bestimmt sowie erste Blutproben genommen und pH-Werte, Filetfarben und -helligkeiten von Fischen aus der konventionellen Schlachtung bestimmt. Parallel dazu wurde am IFI ein zusätzliches Versuchsdesign entworfen und aufgebaut. Damit sollten die Verzögerungen überbrückt und erste Anhaltspunkte über die während der Versuche zu erwartenden Werte bzw. die zugrunde liegenden Bedingungen und mögliche Versuchsanordnungen ermittelt werden.

Die Lieferung des neuen Hälterbeckens mit integrierter Betäubungseinheit erfolgte im April 2016. Vor Inbetriebnahme der neuen Anlage musste diese versiegelt und lackiert werden. Des Weiteren wurden passende PVC-Rohre sowie Schieber zur Unterbindung des Einschwimmens weiterer Welse nach Erreichen einer Sollstückzahl besorgt und eine

Strömungspumpe inklusive Rohrleitungen und Durchflussreglern installiert. Diese Arbeiten wurden im Mai 2016 abgeschlossen.

Im Juni 2016 wurde mit Überschwimmversuchen der Fische vom Hälter- in das Betäubungsbecken begonnen. Hierzu wurden zunächst verschiedene Anordnungen des Überschwimmrohres sowie der Schieber und Strömungsgeschwindigkeiten getestet. Die Lockströmung sollte die aus der betrieblichen Praxis und Fachliteratur, z.B. von Adam/Lehmann (2011), bekannte positive Rheotaxis der Europäischen Welse, sprich das Schwimmen in Richtung eines Strömungsursprungs, ansprechen. Da sich diese als alleinige Antriebsmotivation zum Überschwimmen der Welse als nicht stark genug erwies, wurde über dem Hälterbecken eine LED-Beleuchtung installiert und zusätzlich ein Gitter konstruiert, mit dem die Welse behutsam vor dem Überschwimmrohr eingeengt werden konnten. Mit der Beleuchtung sollte das natürliche Verhalten der dämmerungs- und nachtaktiven Tiere, nämlich das Aufsuchen dunkler, geschützter Unterstände, verstärkt werden. Das langsame, stressfreie Versammeln der Fische sollte diesen als Hilfe zum Auffinden der Einschwimmöffnung dienen.

Daran anschließend erfolgte die Beobachtung und Beprobung der Fische bzw. deren Schlachtkörper. Um die neuartige Anlage mit der konventionellen Hälterung vergleichen zu können, wurden Verhaltensbeobachtungen und Probennahmen von Fischen aus beiden Einheiten vorgenommen. Diese bestanden aus Blutentnahmen zur Cortisol-, Hämatokrit-, Glukose- und Laktatbestimmung sowie der Messung des pH-Wertes, der elektrischen Leitfähigkeit, Helligkeit und Farbe der Fischfilets.

## 4 UMGESetzte METHODEN UND VERFAHREN

Die in diesem Vorhaben verwendeten Europäischen Welse stammten aus der eigenen Aufzucht der Ahrenhorster Edelfisch GmbH&Co.KG, waren für die Schlachtung sowie Verarbeitung vorgesehen und sind letztendlich der Lebensmittelkette zugeführt worden. Die ca. 10 Monate alten Fische hatten Einzelgewichte von  $2,15 \pm 0,43$  kg und -längen von  $65,4 \pm 4,73$  cm in der neuartigen sowie  $2,23 \pm 0,45$  kg und  $65,7 \pm 5,02$  cm in der konventionellen Hälterung (angegebene Werte dargestellt als Mittelwert mit Standardabweichung).

Die erhobenen Daten wurden mittels SPSS (Statistics 21, IBM, USA) auf ihre Normalverteilung und die Varianzhomogenität überprüft. Wenn die Voraussetzungen für ein parametrisches Testverfahren gegeben waren, wurden die Mittelwerte mit dem T-Test

verglichen, anderenfalls wurde der Mann-Whitney-U-Rangsummentest als nicht parametrisches Testverfahren angewendet.

#### 4.1 LITERATURRECHERCHE

Stress ist einer der meistverwendeten Indikatoren für Tierwohl in der Wissenschaft (Ellis et al., 2012). Die akute Stressreaktion bei Fischen läuft über die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse, ähnlich wie bei Säugetieren, und löst drei aufeinander folgende Antworten aus. Die primäre Antwort beinhaltet z.B. die Ausschüttung von Katecholaminen und Kortikosteroiden, die sekundäre unter anderem Änderungen im Metabolismus und die tertiäre hat Auswirkungen auf den gesamten Organismus der Fische, wie Wachstum, Leistung und das Verhalten (Iwama, 1998; Barton, 2002). Wie unter anderem von Ashley (2007) oder Martínez-Porchas et al. (2009) erläutert, sollten zur Bestimmung von Stress und Tierwohl bei Fischen möglichst mehrere Indikatoren herangezogen werden. Als für die Beprobung in einer Fischzuchtanlage praxistauglich erwiesen sich hinsichtlich akuten Stresses Verhaltensindikatoren, der Blutplasmagehalt an Cortisol, der Blutgehalt an Glukose und Laktat sowie der Hämatokritwert, bezüglich der Produktqualität bei Fischen der pH-Wert, die Leitfähigkeit, die Helligkeit und die Farbtintensität der Fischfilets. Hierbei handelt es sich um aussagekräftige, vielfach getestete und angewandte Parameter, mit bekannten und beschriebenen Methoden (Hattingh, 1977; Wells/Pankhurst, 1999; Clements/Hicks, 2002; Wedekind, 2002; Pottinger, 2008; Ray/Sinha, 2014).

#### 4.2 INSTALLATION EINES ZUSÄTZLICHEN VERSUCHSDESIGNS AM INSTITUT FÜR FISCHEREI IN STARNBERG

Um das Projektziel einhalten zu können, wurde aufgrund erwähnter Verzögerungen ein zusätzliches Versuchsdesign entworfen, um am IFI ergänzende Versuche durchführen zu können. Diese dienten der Anpassung des Versuchsaufbaus und der Methoden. Dazu wurden von der Ahrenhorster Edelfisch GmbH&Co.KG Jungwelse zur Verfügung gestellt und an das Institut für Fischerei nach Starnberg verbracht, um diese an die dortigen Wasserverhältnisse zu adaptieren. Dieser Bestand wurde zur Vormast in 8 Aquarienkreisläufen mit einem Haltungsvolumen von jeweils ca. 390 Litern und einer Temperatur von ca. 24,5 °C gehalten. Zur Simulation der Verhältnisse in der Praxis wurden die Fische nach Beendigung der Vormast in größere Haltungseinheiten (Rundstrombecken

mit einem Haltungsvolumen von etwa 800 Litern) umgesetzt. Da ab Juni 2016 die Versuchsanlage bei der Ahrenhorster Edelfisch GmbH&Co.KG vollumfänglich zur Verfügung stand, wurde die Überlegung zur Evaluierung unterschiedlicher Versuchsanordnungen eine Hälterungseinheit (maximales Volumen etwa 700 Liter) über ein Rohrsystem an einen Behälter mit ebenfalls ca. 700 Litern, welcher den Betäubungsteil der Anlage simulieren sollte, anzuschließen, nicht weiterverfolgt. Trotzdem bot die Testanlage eine gute Möglichkeit für Versuche sowie zur Beobachtung und Dokumentation des Verhaltens der Fische, insbesondere ihre Reaktion auf Strömungen und Licht. Sämtliche hierfür verwendeten Materialien entstammten dem Bestand des Instituts und verursachten somit keine weiteren Kosten.

#### 4.3 INSTALLATION DES INNOVATIVEN HÄLTERBECKENS MIT INTEGRIERTER BETÄUBUNGSEINHEIT

Bevor mit den Versuchen begonnen werden konnte, musste das neue Becken aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) aufgestellt, versiegelt und lackiert sowie mit den benötigten Verrohrungen ausgestattet werden. Das Volumen dieser innovativen Hältereinheit ist mit ca. 3,4 m<sup>3</sup> im Hälter- und ca. 0,5 m<sup>3</sup> im Betäubungsteil nur etwas kleiner als das des konventionellen Beckens mit 4,3 m<sup>3</sup>. Der Hauptunterschied liegt in seiner Form. Während das konventionelle mit einer Länge von 200 cm, einer Breite von 180 cm und einer Höhe von 120 cm eine annähernd quadratische Grundfläche aufweist, wurde das neue Becken mit einer Länge von 290 cm, einer Breite von 100 cm und einer Höhe von 120 cm rinnenförmig konzipiert. Damit sollte die beabsichtigte Lockströmung bestmöglich im kompletten Becken zur Geltung kommen. Daran angeschlossen, aber 50 cm am Hälterbecken nach oben versetzt, befindet sich die Betäubungseinheit, mit den Maßen 97 x 100 x 98 cm (l\*b\*h). Diese ist mittels einer abnehmbaren Abdeckung abzudunkeln, um den Fische den Eindruck eines Verstecks zu vermitteln und sie somit zu beruhigen. Durch die Höhersetzung dieses Teils wird dieser, außer bei Schließung der Schieber zum Hälterbecken, nur etwa zur Hälfte mit Wasser gefüllt. Damit sollte eine Arbeitserleichterung erzielt werden, da die Welse somit auf Arbeitshöhe aus der Betäubungseinheit entlassen werden können. Hierfür befindet sich an diesem Teil ein weiterer Schieber mit einem Durchmesser von 15 cm, durch den die Welse, möglichst einzeln, entnommen werden sollten. Um die gewünschte Strömung zu erzielen, wurde eine Strömungspumpe mit einer Leistung von 30.000 l/h im Hälterbecken installiert. Um die Wirkung der Strömung im kompletten Hälterbecken zu erzielen, wurde diese gegenüber der Einschwimmöffnung angebracht. Das angesaugte Wasser wird über eine Leitung aus PVC-Rohren mit einem Durchmesser von 5 cm in den Betäubungsteil gepumpt.

Durch den hier entstehenden Überdruck fließt das Wasser durch das Überschwimmrohr zurück ins Hälterbecken und erzielt so die gewünschte Lockströmung. Zusätzlich wurde die Rohrleitung mit einem Durchflussregler und einer Kupplung versehen, mittels der das gepumpte Wasser unter Umgehung des Betäubungsteils wieder direkt in die Hälterung geleitet werden kann. Die für die verschiedenen Überschwimmvorrichtungen verwendeten PVC-Rohrstücke hatten einen Durchmesser von 25 cm und Winkel von 45 bzw. 90 Grad. Die Öffnungen hierfür befinden sich zum einen bodennah an der Stirnseite des Hälterteils unterhalb der Betäubungseinheit, zum anderen am Boden des Betäubungsbeckens. Somit kann das gewünschte Aufschwimmen der Welse gewährleistet werden. In der Ausgangsmontage wurden beide Öffnungen mit einem Schieber ausgestattet. Um eine ausreichende Belüftung im Hälterbecken zu gewährleisten wurde eine 1 m lange, frei bewegliche Ausströmeröhre ins Becken eingebracht und an die Überdruckleitung des Betriebs angeschlossen.

#### 4.4 ÜBERSCHWIMMVERSUCHE MIT BEOBACHTUNG DES VERHALTENS UND ÄUßEREN ERSCHEINUNGSBILDES DER FISCHE

Erste Einschwimmversuche wurden mit einer langen Rohrleitung, welche in U-Form abstand, gemacht. Dazu wurde am Schieber des Hälterteils ein 90° Winkel angebracht. Daran folgte ein 1 m langes, vom Becken abstehendes Rohrstück, ein 90° Winkel, ein 50 cm langes Zwischenstück, wieder ein 90° Winkel und ein 1 m langes, unter die Öffnung des Betäubungsteils zurückführendes Rohrstück. Mittels eines weiteren 90° Winkels sowie einem 50 cm langen, zum Schieber des Betäubungsbeckens nach oben führenden Rohrstückes wurde die Verbindung zu diesem hergestellt. Mit dieser Versuchsanordnung sollte die Akzeptanz der Welse auf einen längeren Weg im Rohrsystem ermittelt werden. Am Vortag des ersten Versuchs wurden Welse mit einer Besatzdichte von 17 kg/m<sup>3</sup> in das Hälterbecken gesetzt. Da die Fische nach Öffnung der Schieber und Inbetriebnahme der Pumpe nur zögerlich in Richtung der Einschwimmöffnung schwammen, wurde oberhalb des Hälterbeckens ein 200 Watt starker LED-Fluter installiert. Dieser blieb während der Ruhezeiten der Fische ausgeschaltet und wurde nur für die Einschwimmversuche in Betrieb genommen. Daraufhin schwammen von 31 Versuchsfischen 28 ins Rohr ein, allerdings verblieben 24 dort und nur 4 schwammen bis ins Betäubungsbecken. Die im Rohr verbliebenen Welse waren aufgrund der vier 90° Winkel weder durch Sog noch durch Druck wieder herauszubekommen, so dass das Wasser im Hälterbecken fast komplett abgelassen werden musste. In einem zweiten Versuch mit einer Besatzdichte von 34 kg/m<sup>3</sup> und 60, ebenfalls am Vortag des Versuchs in die Hälterung gesetzten Fischen, zeichnete sich

dasselbe Problem ab. Deshalb wurde dieser vorzeitig abgebrochen und auch keine weiteren mehr durchgeführt. Die Anordnung mit langer Rohrleitung und mehreren Winkeln wurde als nicht praxistauglich, aber tierschutzrelevant eingestuft, da mit einer Mortalität der Fische im Rohr gerechnet werden musste.

Bevor weitere Versuche erfolgten, wurde ein Rückschwimmstopp (Reusenprinzip) entworfen und in das Versuchssystem integriert, da schon bei der ersten Versuchsanordnung zu erkennen war, dass ein Teil der Welse auch den Rückweg aus dem Betäubungsbecken in Richtung Hälterung fand. Dies führte zu Gegenverkehr und Stau im Rohr. Der Rückschwimmstopp besteht aus einer Gummimanschette, welche aus einem 80 cm langen und 14 cm hohen Stück weichem, durchsichtigem PVC-Streifen gefertigt wurde und eine Stärke von 3 mm besitzt. An einer Längsseite wurde jeweils nach einem Steg von 2 cm ein 3 cm breiter und 10 cm tiefer Keil ausgeschnitten. Die entstandenen Laschen wurden mittels Schleifpapier entgratet und auf einer Tiefe von 8,5 cm jeweils mit 2 nebeneinander liegenden Löchern versehen. Durch diese wurde eine nicht wasserlösliche Schnur gefädelt, mittels derer der Durchmesser der Öffnung am oberen Ende der Manschette nach Bedarf eingestellt werden konnte. Die Befestigung am Ende des Einschwimmrohres im Betäubungsbecken erfolgte durch eine Schlauchschelle. Nach dem Einbau dieser Manschette verblieben in den weiteren Versuchsanordnungen annähernd 100% der einmal eingeschwommenen Welse im Betäubungsbecken. Wie sich herausstellte musste die Öffnung der Manschette nicht nötiger Weise verengt werden, um die Fische am Zurückschwimmen zu hindern.

Die zweite Versuchsanordnung bestand aus zwei 50 cm langen Rohrstücken, welche durch einen 90° Winkel verbunden und jeweils am Hälter- bzw. Betäubungsbecken befestigt wurden. Die Anordnung der Schieber entsprach dem ersten Versuch. In einem ersten Durchlauf wurden 31 Welse ( $17 \text{ kg/m}^3$ ) in das Hälterbecken gesetzt und am selben Tag mit den Einschwimmversuchen begonnen. Die Fische zeigten weder auf die Strömung noch auf die Beleuchtung eine Reaktion und verteilten sich lethargisch im kompletten Hälterbecken. Daher wurde ein Rahmen mit den Innenmaßen der Querseite des Hälterbeckens und innenliegendem Gitter hergestellt, welcher vor der Pumpe im Hälterbecken eingesetzt wurde und langsam Richtung Einschwimmöffnung geschoben werden konnte. Damit sollten die Fische vor der Einschwimmöffnung versammelt werden. Die Fische wurden über Nacht in der Hälterung belassen. Am nächsten Tag wurde der Versuch mithilfe des Gitterrahmens wiederholt. Bereits nach Öffnung der Schieber und Einschalten des Lichts begannen die Welse einzuschwimmen. Unter zu Hilfenahme des Gitterrahmens schwammen 24 ins Rohr ein, allerdings verblieb hier die Hälfte der Fische. Diese konnten durch Sog, welcher durch Öffnen und Schließen der Schieber hergestellt wurde, nach oben befördert werden. Bei einem weiteren Versuch mit einer Verdoppelung der Fischzahl auf 62 ( $34 \text{ kg/m}^3$ )

schwammen bei mehrmaligem Öffnen und Schließen der Schieber insgesamt 58 Welse ins Rohr ein, 4 verblieben in der Hälterung. Diese Fische wurden am Tag vor dem Versuch in die Hälterung gesetzt. Auch hier trat das Problem auf, dass die Fische zwar ins Rohr einschwammen, dort aber zur Hälfte verblieben. Als evtl. Hindernis wurde der 90° Bogen gesehen. Allerdings ließen sie sich durch den durch Öffnen der Schieber nach vorherigem Ablassen des Betäubungsbeckens entstehenden Sog ins Betäubungsbecken ziehen. Danach wanderten umgehend die nächsten Fische in die Röhre ein. Auf diese Weise fanden alle in die Röhre eingeschwommenen Fische den Weg ins Betäubungsbecken. Da diese Vorgehensweise jedoch eher dem Prinzip einer Fischpumpe entspricht und nicht dem eines selbstständigen Überschwimmens, wurde auch diese Anordnung wieder verworfen.

Es wurde festgestellt, dass ein zu schnelles Bewegen des Rahmens negative Auswirkungen hatte. Es führte eher zur Beunruhigung der Fische und hielt diese vom Einschwimmen in die Röhre ab. Auch stellte sich heraus, dass die Strömung nicht zu stark sein durfte. Es wurde mit einer 30.000 l/h Pumpe gearbeitet. Der beste Einschwimmerfolg war mit einer Reduzierung der Fördermenge auf die Hälfte, also etwa 15.000 l/h zu erzielen. Dies entspricht einer Strömungsgeschwindigkeit von 0,09 m/s im Überschwimmrohr. Da bereits die geringe Besatzdichte von 62 Welsen, was 34 kg Fisch pro m<sup>3</sup> entsprach, zu enormer Trübung im und Schaumbildung auf dem Hälterbecken führte, wurde dieses mit einem Frischwasserzulauf auf Höhe der Pumpe sowie einem Überlauf auf Höhe des Betäubungsteils versehen. Der Zulauf betrug 0,36 l/s, was einer theoretischen Wasseraustauschrate von 33% h<sup>-1</sup> entspricht. Dieser Durchlauf blieb über den Rest der Versuche bestehen.

Um zu testen wie die Fische auf eine gerade Röhre reagieren, wurde ein Transportbehälter mittels einer 1 m langen, geraden Röhre und nur einem Schieber am Hälterbecken installiert. Aufgrund der Erfahrungen der vorhergegangenen Versuche wurden die Fische mit einer Besatzdichte von 32 kg/m<sup>3</sup> am Tag vor den Überschwimmversuchen in die Hälterung gesetzt. Von 58 Welsen erreichten 14 das Transportbecken, 4 verblieben im Rohr und 40 im Hälterbecken. Bei einem weiteren Durchlauf schwammen von ebenfalls 58 Fischen und 32 kg/m<sup>3</sup> 12 bis ins Transportbecken, 8 verblieben im Rohr und 38 im Hälterbecken. Aufgrund dieser Ergebnisse wurde auch diese Anordnung nicht weiter verfolgt.

Der bisher erfolgreichste Ansatz mit 90° Bogen wurde modifiziert und dieser durch zwei 45° Bögen ersetzt. Auch wurde mit nur noch einem Schieber am Hälterbecken gearbeitet. Im hierzu ersten Versuch wurden wiederum am Vortag 67 Welse (37 kg/m<sup>3</sup>) in das Hälterbecken gesetzt. Das Einschwimmen war anfangs zögerlich, konnte aber durch Einengung mittels des Gitterrahmens erhöht werden. Es schwammen insgesamt 48 Fische bis ins Betäubungsbecken, 7 verblieben im Rohr. Um praxisrelevantere Bedingungen zu erhalten,

wurden nun 116 Fische mit einer Besatzdichte von 64 kg/m<sup>3</sup> in das Hälterbecken gesetzt und im Folgenden nur noch die tatsächlich ins Betäubungsbecken eingeschwommenen Fische gezählt. Nachdem am Folgetag 61 der Fische eingeschwommen waren, musste der Versuch aufgrund eines Stromausfalls abgebrochen werden. Bei einer Wiederholung mit 104 Fischen aus dem abgebrochenen Versuch und gleichem Versuchsdesign schwammen diesmal 34 über. Um einen Lerneffekt oder eine zu lange Hälterung auszuschließen, wurde das Hälterbecken mit 100 neuen Fischen (55 kg/m<sup>3</sup>) bestückt. Von diesen schwammen 64 selbstständig über.

Da aufgrund der Laufzeit des Projekts und auch der finanziell zur Verfügung stehenden Mittel kurzfristig keine Verbesserung der Einschwimmergebnisse zu erwarten war, wurden keine weiteren Versuchsanordnungen getestet. Die letztbeschriebene Anordnung wurde für die Probenahmen beibehalten. Dabei schwammen zwischen 43 und 72% der ins Hälterbecken gesetzten Fische selbstständig in den Betäubungsteil. Das Verhalten der Fische sowie ihr äußeres Erscheinungsbild wurde dokumentiert.

In allen durchgeführten Versuchen wurden die Schieber zwischen Hälter- und Betäubungsteil mehrmals geschlossen und geöffnet. Vor jeder erneuten Öffnung wurden die eingeschwommenen Fische durch den Ablassschieber aus dem Betäubungsteil entlassen und der Schlachtung zugeführt. Damit sollte der im Falle des Praxiseinsatzes auftretende Arbeitsablauf simuliert werden.

## 4.5 PROBENNAHMEN

Vorab wurden die wichtigsten Wasserwerte der Haltungseinheiten Elterntiere, Jungfische, Vormast und Mast bestimmt (Kompaktlabor für Wasseruntersuchungen Aquamerck®, Merck, Darmstadt). Insgesamt 92 Fische der neuartigen sowie 83 Fische der konventionellen Hälterung wurden beprobt. Diesen wurde nach tierschutzgerechter Betäubung 2-mal ca. 1,2 ml Blut aus der hinteren Hohlvene entnommen. Die Betäubung erfolgte mittels Kopfschlag, danach wurden die Fische sachgerecht getötet. Für die spätere Analyse der Cortisolkonzentrationen wurde das Blut bei 2.200 g für 7 Minuten zentrifugiert, 300 µl des entstandenen Plasmas ab pipettiert und in Reaktionsgefäße überführt. Diese wurden umgehend bei -20 °C zur späteren Analyse im Labor eingefroren. Die Cortisolwerte wurden im Labor des Lehrstuhls für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung der tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München bestimmt (Cortisol ELISA kit ADI-900-071, Enzo Life Sciences GmbH, Lörrach). Blutglukose und -laktat wurden mit je 40 µl Vollblut mittels eines Blutanalyse-Handgerätes und zugehörigen Teststreifen gemessen

(Accutrend® Plus, Roche Diagnostics GmbH, Mannheim). Zur Bestimmung der Hämatokritwerte (in %) wurden jeweils 3 Hämatokritröhrchen bei 12.000 g für 10 Minuten zentrifugiert. Der Fleisch-pH wurde mit einer pH-Elektrode (SenTix®Sp, Wissenschaftlich-Technische Werkstätte GmbH, Weilheim), die elektrische Leitfähigkeit mit einer Leitfähigkeits-Sonde bestimmt (Spezialanfertigung der Wissenschaftlich-Technischen Werkstätte GmbH, Weilheim). Die Messungen erfolgten mittig im kopfnahen Teil der Filets zum einen direkt *post mortem*, zum anderen nach 24 Stunden, wobei zuerst die Leitfähigkeit und im Anschluss daran der pH bestimmt wurde. Zwischen den Messungen lagerten die Filets bei Temperaturen von 0,2 - 0,5 °C in der Kühlzelle des Praxisbetriebs. Fleischhelligkeit und -farbe wurden direkt *post mortem* bestimmt (Chroma Meter CR-300, Minolta GmbH, Ahrensburg). Hierfür wurden jeweils 3 Messungen im kopfnahen, mittleren und schwanznahen Bereich der Filets durchgeführt.

## 5 EINGEHENDE DARSTELLUNG ÜBER

### 5.1 ERZIELTE ERGEBNISSE UND DEN ERFOLG DES VORHABENS

In diesem Vorhaben konnte gezeigt werden, dass Europäische Welse aktiv und selbstständig von einem Hälterbecken in eine Betäubungsvorrichtung schwimmen können. Die verwendete Lockströmung, Beleuchtung des Hälter- sowie Abdunkelung des Betäubungsbeckens und Einengung mittels eines Gitterrahmens scheinen hierfür eine geeignete Grundlage zu sein. Es wurde festgestellt, dass eine Rückschwimmhinderung am Ende der Einschwimmröhre im Betäubungsbecken nötig ist, um das Zurückschwimmen der Fische zu verhindern. Weiterhin wurde beobachtet, dass die Fische am besten auf eine moderate Strömung reagieren. Im Verlauf der Einschwimmversuche wurde mit unterschiedlichen Strömungen in der Einschwimmröhre experimentiert, wobei sich eine Strömungsgeschwindigkeit 0,09 m/s als optimal erwies. Die besten Einschwimmergebnisse wurden mit der kürzest möglichen Verbindung zwischen Hälter- und Betäubungsbecken und zwei 45° Winkeln erzielt. Mit dieser Anordnung schwammen bis zu über 70% der Fische selbstständig in das Betäubungsbecken. Das lässt darauf schließen, dass abrupte Richtungswechsel und zu lange Röhren die Fische nach dem Einschwimmen in die Röhre am Weiterschwimmen hindern. Auch scheinen ausreichend lange Ruhe- bzw. Anpassungszeiten der Fische nach dem Setzen ins Hälterbecken nötig zu sein, um sie für die angebotenen Reize ansprechbar zu machen. Das könnte einerseits mit dem durch das Setzen und Handling entstehenden Stress, andererseits mit dem deutlichen

Temperaturunterschied zwischen der Mast mit 23,0 °C und der Hälterung mit 13,4 °C zu tun haben. Die Temperatur wurde der in der konventionellen Hälterung mit 12,9 °C angeglichen.

Bei den ins Betäubungsbecken eingeschwommenen Fischen konnten keine Verhaltensauffälligkeiten festgestellt werden. Sie verhielten sich ruhig, zeigten normale Atemfrequenzen und Schwimmverhalten, keine Stereotypen oder sonstiges abnormales Verhalten. Auch konnte hier keine erhöhte Aggression der Fische festgestellt werden. Allerdings kam es nach dem Setzen der Fische ins Hälterbecken nach anfänglicher Lethargie zu geringen Verbisschäden. Verhalten und Schäden entsprachen in ihrem Ausmaß denen im konventionellen Hälterbecken. Ursachen hierfür könnten die Temperaturunterschiede zwischen Mast und Hälterung sowie ebenfalls der durch das Setzen bedingte Stress sein. Während des gesamten Versuchszeitraums trat keine Mortalität auf.

#### Wasserwerte:

Hierfür wurde eine einmalige Stichprobenmessung in verschiedenen Haltungseinheiten der Ahrenhorster Edelfisch GmbH&Co.KG durchgeführt. Die dabei gemessenen Temperaturen lagen zwischen 16,8 °C bei den Elterntieren und 24,1 °C in der Vormast. Der pH hatte Werte zwischen 5,5 bei den Jungfischen sowie in der Vormast und 7,3 bei den Elterntieren und lag mit Ausnahme der Elterntierhaltung (neutral) im sauren Bereich. Die Karbonathärte (KH) lag zwischen 2,0 - 2,8 °dH (Grad deutscher Härte), wobei sie in der Mast unterhalb der Messbarkeitsgrenze lag, die Gesamthärte (GH) zwischen 10,0 - 13,0 °dH. Das Haltungswasser konnte damit als weich eingestuft werden. Der Gehalt an Sauerstoff war mit Werten zwischen 3,3 und 3,8 mg/l als eher niedrig, die Leitfähigkeit mit Werten zwischen 4.420 und 5.840 µs/cm und der Phosphatgehalt mit durchgehend 6 mg/l dagegen als hoch einzustufen. Die Stickstoffwerte befanden sich alle in einem tolerierbaren Bereich. Angaben über empfohlene Wasserwerte in der Fischhaltung sind unter anderem bei Schreckenbach (2010) zu finden. Die Einzelwerte der für die Einheiten Elterntiere, Jungfische, Vormast und Mast bestimmten Wasserwerte sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tab. 1: Wasserwerte aus laufendem Betrieb der Anlagen der Ahrenhorster Edelfisch GmbH&Co.KG

Einheit	Temp. [°C]	pH	KH [°dH]	GH [°dH]	O <sub>2</sub> [mg/l]	Leitfähigkeit [µs/cm]	NO <sub>2</sub> [mg/l]	NO <sub>3</sub> [mg/l]	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg/l]	PO <sub>4</sub> [mg/l]
Elterntiere	16,8	7,3	2,8	10,0	3,5	4.420	2	75	1,0	6
Jungfische	22,3	5,5	2,3	12,3	3,6	5.710	2	75	0,6	6
Vormast	24,1	5,5	2,0	12,4	3,3	5.840	3	150	3,0	6
Mast	23,0	5,0	*	13,0	3,3	5.140	3	75	0,4	6

\*unterhalb der Messbarkeitsgrenze; Werte stellen eine Stichprobenmessung dar (n = 1); KH = Karbonathärte; GH = Gesamthärte

Blutwerte (angegebene Werte dargestellt als Mittelwert mit Standardabweichung):

Von 87 Fischen der neuartigen (neu) sowie 68 Fischen der konventionellen Hälterung (kon) konnte der Cortisolgehalt im Blutplasma bestimmt werden. Die Werte der übrigen Fische lagen außerhalb des Messbereichs. Die bestimmbareren Werte wiesen bei  $222 \pm 104 \mu\text{g/l}$  (neu) sowie  $239 \pm 91,3 \mu\text{g/l}$  (kon) keine statistisch signifikanten Unterschiede, dafür starke Schwankungen auf. So lagen die Maximalwerte bei  $500 \mu\text{g/l}$  (neu) bzw.  $433 \mu\text{g/l}$  (kon), die Minimalwerte bei  $36,6 \mu\text{g/l}$  (neu) bzw.  $66,9 \mu\text{g/l}$  (kon). Die Schwankungen bei den Cortisolkonzentrationen könnten mit den Zeitpunkten der Probennahmen zusammenhängen, da die Cortisolausschüttung als primäre Stressantwort innerhalb von Sekunden bis wenige Minuten nach einem akuten Stressgeschehen beginnt. So wäre es möglich, dass die Fische mit niedrigen Cortisolkonzentrationen zu Beginn der Schlachtung beprobt wurden, wohingegen die höheren Werte möglicherweise gegen Ende auftraten. Das würde darauf hindeuten, dass nicht nur die Fische in der konventionellen Hälterung im Laufe des Schlachtprozesses durch wiederholte Kescherentnahmen erhöhte Stresswerte aufweisen, sondern diese auch während der Entnahme aus der neuartigen Hälterung steigen. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte das wiederholte Öffnen und Schließen des Ablasschiebers zur Entnahme der Fische aus dem Betäubungsbecken sein. Auch das erneute Handling vor und während des Schlachtprozesses, möglicherweise aber auch die zu lange andauernde Zeitspanne zwischen Ablassen und Betäuben der Fische bis zur Blutabnahme, könnten die Stresskaskade gestartet haben. Damit könnte auch erklärt werden weshalb es bezüglich der Cortisolkonzentrationen keinen statistisch signifikanten Unterschied gab.

Glukose und Laktat wurden bei je 51 Fischen aus beiden Hälterungen gemessen. Die Werte lagen für Glukose bei  $10,5 \pm 3,76 \text{ mmol/l}$  (neu) und  $5,73 \pm 2,21 \text{ mmol/l}$  (kon), für Laktat bei  $2,43 \pm 1,53 \text{ mmol/l}$  (neu) und  $5,27 \pm 2,41 \text{ mmol/l}$  (kon) und wiesen beide statistisch signifikante Unterschiede auf. Allerdings konnten bei den Laktatwerten nur 19 Proben aus

der neuartigen und 49 aus der konventionellen Hälterung ausgewertet werden. Die nicht auswertbaren Proben lagen unterhalb der Nachweisgrenze. Bezüglich des Hämatokrits wurden Konzentrationen von  $21,0 \pm 4,31\%$  bei 92 Fischen (neu) und  $23,0 \pm 4,11\%$  bei 74 Fischen (kon) bestimmt und ebenfalls ein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt. Glukose, Laktat und Hämatokrit sind Teile der sekundären Stressantwort. Eine Erhöhung ihrer Werte nach akutem Stress dauert mindestens Minuten, da hierfür bereits mehrere physiologische Stufen der Stresskaskade abgelaufen sein müssen. Der statistisch signifikant höhere Hämatokritwert sowie der ebenfalls signifikant höhere Laktatwert bei Fischen aus der konventionellen Hälterung deuten auf ein deutlich höheres Stressgeschehen gegenüber der Versuchsanlage hin. Die zwar niedrigeren Laktat-, aber statistisch signifikant höheren Glukosewerte in der neuartigen Hälterung könnten sich dadurch erklären lassen, dass die Fische hier nur sehr kurzzeitig einem Stressgeschehen in dem Betäubungsbecken ausgesetzt sind, sie somit noch kaum Glukose verbraucht bzw. Laktat gebildet haben und deshalb die Glukoneogenese noch nicht vollumfänglich eingesetzt hat. Darauf deutet auch die hohe Zahl an Laktat-Proben unterhalb der Nachweisgrenze in der Versuchsanlage hin. Die Fische in der konventionellen Hälterung dagegen sind während der kompletten Schlachtung Stress ausgesetzt, was zu einem permanenten Verbrauch an Glukose und damit zur Bildung von Laktat führen könnte. Alle aufgeführten Werte sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tab. 2: Blutparameter der beprobten Fische aus den beiden zu vergleichenden Hälterungen

	Cortisol [ $\mu\text{g/l}$ ]	Glukose [ $\text{mmol/l}$ ]	Laktat [ $\text{mmol/l}$ ]	Hämatokrit [%]
konventionell	$239 \pm 91,3$ (n = 68)	$5,73 \pm 2,21$ (n = 51)	$5,27 \pm 2,41$ (n = 51)	$23,0 \pm 4,11$ (n = 74)
neu	$222 \pm 104$ (n = 87)	$10,5 \pm 3,76$ (n = 51)	$2,43 \pm 1,53$ (n = 51)	$21,0 \pm 4,31$ (n = 92)
p-Wert	0,162	***< 0,001	***< 0,001	**0,001

Angegebene Werte dargestellt als Mittelwerte mit entsprechenden Standardabweichungen; n = Probenanzahl; p-Wert (Signifikanzniveau): \*< 0,05 = signifikant, \*\*< 0,01 = hoch signifikant, \*\*\*< 0,001 = höchst signifikant

Fleischqualitätswerte (angegebene Werte dargestellt als Mittelwert mit Standardabweichung):

Die Fleischqualitätsparameter pH und elektrische Leitfähigkeit sollten sowohl direkt *post mortem* als auch nach 24 Stunden gemessen werden. Da sich im Verlauf des Projekts herausstellte, dass es im Praxisablauf nicht möglich war die Werte direkt *post mortem* zu einem festgesetzten Zeitpunkt zu bestimmen, wurde auf deren Auswertung verzichtet. Die Gegenüberstellung der festgestellten Werte 24 Stunden *post mortem* aus der Versuchsanordnung und der bisherigen, konventionellen Hälterung zeigt eine statistisch signifikant stärkere postmortale Fleischsäuerung bei den konventionell gehälterten Welsen

mit  $6,57 \pm 0,22$ , gegenüber  $6,89 \pm 0,13$  in der neuartigen Hälterung. Die geringeren 24-Stunden-pH-Werte bei Fischen aus der Versuchsanlage mit Überschwimmen resultierten offenbar in einem geringeren pH-Abfall im Filet, was als Hinweis auf eine geringere Stressbelastung dieser Tiere gewertet werden kann. Die ermittelten pH-Werte könnten ebenfalls auf einen nur sehr kurzzeitig auftretenden Stress im Betäubungsbecken, gegenüber dem permanenten in der konventionellen Hälterung, hindeuten, da ihre Änderung unter anderem von Teilen der sekundären Stressantwort, wie der Erhöhung des Laktatspiegels, abhängig ist und somit deutlich länger wie die Cortisolausschüttung dauert. Da die Messung der Leitfähigkeit aufgrund technischer Probleme nur bei einer sehr geringen Zahl von Fischen möglich war, wurde sie nicht in die Auswertung mitaufgenommen. Die Ergebnisse sind dennoch in Tabelle 3 aufgeführt. Bei den übrigen Parametern der Fleischbeschaffenheit waren keine statistisch signifikanten Effekte der alternativen Hälterung erkennbar. Die annähernd gleichen Werte bei der Filethelligkeit und -farbe dürften mit der gleichen Haltung und Fütterung der Versuchsfische zusammenhängen, da diese maßgeblich die genannten Werte beeinflussen. Die gemessenen Werte der Fleischqualitätsparameter sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tab. 3: Fleischqualitätsparameter der beprobten Fische aus den beiden zu vergleichenden Hälterungen (pH und LF 24 h post mortem)

	pH	LF [mS/cm]	L	a	b
<b>Konventionell</b>	$6,57 \pm 0,22$ (n = 53)	$414 \pm 67,8$ (n = 12)	$45,7 \pm 2,06$ (n = 43)	$1,43 \pm 1,05$ (n = 43)	$-2,25 \pm 1,05$ (n = 43)
<b>neu</b>	$6,89 \pm 0,13$ (n = 80)	$478 \pm 65,8$ (n = 20)	$45,3 \pm 2,03$ (n = 80)	$1,18 \pm 0,83$ (n = 80)	$-2,41 \pm 0,78$ (n = 80)
<b>p-Werte</b>	***< 0,001	**0,002	0,286	0,458	0,207

Angegebene Werte dargestellt als Mittelwerte mit entsprechenden Standardabweichungen; LF = Leitfähigkeit; L = Helligkeit; a = Grün-Rot-Parameter; b = Blau-Gelb-Parameter; n = Probenanzahl; p-Wert (Signifikanzniveau): \* < 0,05 = signifikant, \*\* < 0,01 = hoch signifikant, \*\*\* < 0,001 = höchst signifikant

Unter Berücksichtigung aller Parameter kann darauf geschlossen werden, dass in der neuartigen Hälterung zwar kurzzeitig vor der Betäubung immer noch ein akutes Stressgeschehen für die Fische stattfindet, die Belastung über die Gesamtzeit in der Hälterung für die Fische aber deutlich geringer ausfällt.

Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit können die Investitions- und Unterhaltskosten den Einsparungen beim Arbeitsaufwand gegenüber gestellt werden. Unterhaltskosten bestehen

nur für die Strömungspumpe. Diese ist mit einer Laufzeit von ca. 3 Jahren als Verschleißteil zu betrachten. Die Kosten setzten sich wie folgt zusammen:

	Betrag in EUR
- Spezialanfertigung Hälterbecken aus GFK	11.500,00
- Strömungspumpe (tauchfähig, frequenzgesteuert)	1.100,00
- Elektroschrank (Absicherung/Schaltung/Überwachung)	2.800,00
- versch. Verbindungsstücke, Rohre und Kleinteile	1.200,00
- Standortvorbereitung, Fundamente und Befestigung	<u>3.000,00</u>
<u>Summe</u>	<u>19.600,00</u>

Dem gegenüber steht beim Arbeitsaufwand eine Zeitersparnis von etwa 20% zum konventionellen Keschern. Ausgehend von 15 € Lohnkosten/Stunde für einen Fischwirt, entspricht dies einer Einsparung von 3,50 € pro Stunde. Vorausgesetzt es würde keine neue Strömungspumpe anfallen, wären nach 5.600 Arbeitsstunden die Kosten amortisiert.

Hervorzuheben und in die Bewertung miteinzubeziehen sind aber auch die mit der neuartigen Anlage zusammenhängenden, positiven gesundheitlichen Aspekte für die Arbeitnehmer in der Fischverarbeitung. Da die Fische direkt auf den Arbeitstisch rutschen, besteht eine enorme Arbeitserleichterung, da somit das äußerst anstrengende und insbesondere rückenbelastende Keschern für die Mitarbeiter in der Schlachtung bzw. Verarbeitung der Fische entfällt. Dies stellt eine erhebliche Verbesserung der Arbeitsbedingungen dar.

## 5.2 DARÜBER HINAUS GEWONNENE ERKENNTNISSE

Neben den bisher beschriebenen Ergebnissen konnten weitere 13 Fische direkt aus der Mast auf ihre Plasmagehalte an Cortisol beprobt werden. Diese Fische wurden routinemäßig zur Qualitätsbestimmung und zur Optimierung der Prozessabläufe geschlachtet und begutachtet. Dabei wurden das Hauptaugenmerk auf mögliche gesundheitliche Probleme gelegt und in erster Linie innere Organe, wie Leber, Milz, Galle, Fett und Gonaden auf Veränderungen, beispielsweise Schwellungen, untersucht. Im Anschluss daran wurden die Fische der Verarbeitung und Verwertung zugeführt. Somit ergab sich die Möglichkeit den Fischen direkt nach der Betäubung Blut abzunehmen, um von diesen Ruhewerte des Plasmagehalts an Cortisol während der Mast zu bestimmen. Die Vorgehensweise war

analog der in 4.5 beschriebenen. Die hierfür verwendeten Fische hatten durchschnittliche Einzelgewichte von  $2,51 \pm 0,83$  kg und -längen von  $68,1 \pm 3,52$  cm. Die Auswertung der Plasmaproben ergab Cortisolwerte von  $2,24 \pm 1,88$   $\mu\text{g/l}$  (angegebene Werte dargestellt als Mittelwert mit Standardabweichung). Diese liegen weit unter den für die Hälterungen bestimmten Werten, was auf eine enorme Stressbelastung der Fische während dieser Phase hindeutet.

Des Weiteren wurde von 66 Fischen eine Auswertung der Schlachtkörperzusammensetzung durchgeführt. Hiervon waren 46 männlich und 20 weiblich. Die Fische hatten Einzelgewichte von  $2,34 \pm 0,43$  kg und -längen von  $67,8 \pm 4,40$  cm, bei Korpulenzfaktoren ( $\text{gx}100/\text{cm}^3$ ) von  $0,75 \pm 0,06$  (angegebene Werte dargestellt als Mittelwert mit Standardabweichung). Diese Daten sind insofern von Interesse, da sie aktuelle Werte aus Fischen einer Warmwasserkreislaufanlage darstellen, welche momentan, zumindest veröffentlicht, nicht vorliegen. Sie können somit dem Vergleich mit anderen Produktionsformen, z.B. der Teichhaltung, aber auch früheren Daten oder anderen Kreislaufanlagen dienen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Tab. 4: Schlachtkörperzusammensetzung von Schlachtfischen der Ahrenhorster Edelfisch GmbH&Co.KG

Parameter	Gewicht	Prozentualer Anteil
<b>Korpulenzfaktor [gx100/cm<sup>3</sup>]</b>	$0,75 \pm 0,06$	
<b>Länge [cm]</b>	$67,8 \pm 4,40$	$100 \pm 0,00$
<b>Gewicht [Kg]</b>	$2,34 \pm 0,43$	$100 \pm 0,00$
<b>Kopflänge [cm]</b>	$13,2 \pm 0,67$	$19,4 \pm 0,60$
<b>Kopfmasse [g]</b>	$484 \pm 85,4$	$20,7 \pm 1,25$
<b>Gonadenmasse [g]</b>	$21,2 \pm 28,4$	$0,88 \pm 1,12$
<b>Lebermasse [g]</b>	$30,2 \pm 8,72$	$1,28 \pm 0,23$
<b>Milzmasse [g]</b>	$19,3 \pm 3,05$	$0,81 \pm 0,10$
<b>Bauchfett [g]</b>	$40,5 \pm 20,6$	$1,77 \pm 0,93$
<b>Restkörper amK [Kg]</b>	$2,16 \pm 0,40$	$92,3 \pm 1,66$
<b>Filets mit Haut [Kg]</b>	$1,34 \pm 0,25$	$57,1 \pm 2,26$
<b>Kiemen [g]</b>	$62,6 \pm 9,51$	$2,70 \pm 0,32$

Angegebene Werte sind dargestellt als Mittelwerte mit entsprechenden Standardabweichungen; amK = ausgenommen mit Kopf

### 5.3 FORTFÜHRUNG DER UMGESETZTEN MAßNAHMEN NACH DER LAUFZEIT DES MUD VORHABENS (KONSEQUENZEN, NOTWENDIGE ANPASSUNGEN ETC.)

Es wurden zwar zum Teil Einschwimmraten der Fische von über 70% erzielt, allerdings nicht kontinuierlich. Hier besteht noch Verbesserungsbedarf. So könnten bezüglich des Einenggitters Modifikationen getestet werden, wie dieses auf einer Art Schienen laufen zu lassen und es mittels eines Motors (z.B. hydraulisch) zu bewegen. Auf diese Weise könnten die Fische kontinuierlich vor dem Einschwimmrohr versammelt werden. Ein weiterer Ansatzpunkt wäre eine Änderung der Gestalt bzw. Form des Gitters. Möglicherweise könnte somit die Effizienz der Einengung gesteigert werden.

Auch in der Zuführung zum Einschwimmrohr kann über Modifikationen nachgedacht werden. Hier könnte versucht werden im Hälterbecken eine Art Trichter zu modellieren, damit die Einengung der Fische in Richtung Rohr effizienter wird. Bei Beibehaltung eines längeren Einschwimmrohres sollte ein Ablauf oder Eingriff angebracht werden, um die im Rohr verbliebenen Fische entnehmen zu können. Eine weitere Möglichkeit wäre die Rohrleitung zu verkürzen, womit weniger Fische im Rohr verbleiben könnten bzw. ein direkter Übergang nur mittels eines Schiebers zwischen Hälter- und Betäubungsbecken. Allerdings müsste dann am Boden des Hälterbeckens eine Schräge angebracht werden, um die in erster Linie bodennah schwimmenden Fische zur Einschwimmöffnung führen zu können. Weiterhin könnte man das Hälter- und das Betäubungsbecken auf gleicher Höhe installieren und den Übergang ebenfalls nur mit einem Schieber gestalten. Insofern die gesamte Einheit höher aufgestellt würde, könnte auch die Arbeitserleichterung aufrechterhalten werden. Dazu würde auch eine Schräge bzw. Vertiefung oder Rutsche zum besseren Ablassen der Fische aus dem Betäubungsbecken dienen. Es könnte auch bezüglich des Durchmessers der Einschwimmrohre experimentiert werden. Für einen zügigen Ablauf im Praxisbetrieb kann über die Errichtung von 2 Anlagen nachgedacht werden. So könnten versetzt in einem Becken die Fische betäubt werden, während sie im anderen einschwimmen.

Um zu evaluieren ob sich die Stressreaktion der Fische weiter minimieren lässt, sollte das Betäubungsbecken durch ein E-Betäubungsgerät ersetzt werden und mit der konventionellen Kopfschlagmethode verglichen werden. Dadurch würde ein Handling der Fische unmittelbar vor der Betäubung und Schlachtung unnötig und würde die wahrscheinlich beste Lösung zum Unterbinden einer akuten Stressreaktion und einer annähernd stressfreien Betäubung der Fische darstellen.

## 6 ERZIELTE TIERSCHUTZRELEVANTE VERBESSERUNGEN AUF DEM PRAXISBETRIEB

In der Anlage der Ahrenhorster Edelfisch GmbH&Co.KG soll ein Umbau vorgenommen werden, in dem die Fische durch ein Rohrsystem selbstständig in die Hälterung der Schlachtereieinschwimmen. Des Weiteren ist geplant, dass die Fische durch ein Gegenstromprinzip auf den Schlacht- bzw. Betäubungstisch gelangen, womit jegliches Handling der Fische vor der eigentlichen Betäubung entfällt. Die Betäubung soll nach wie vor per Kopfschlag erfolgen. Mittels desselben Gegenstromprinzips sollen die Fische über Nacht von einem Haltungsbecken in ein sogenanntes Sortierbecken einschwimmen. Dadurch soll das Entstehen von Stresshormonen im Haltungsmodul verhindert werden, welche die dort verbleibenden Fische vom Fressen abhalten. In diesem Sortierbecken befindet sich dann ein eigener Kreislauf, der nach dem Einschwimmen der Fische vom Mastkreislauf abgekoppelt werden kann. Der Durchmesser der Rohre soll an die Fischgröße angepasst werden, um die Fische vom Übereinander schwimmen abzuhalten. Damit sollen mögliche Engpässe und die damit verbundene Gefahr von Verletzungen minimiert werden.

## 7 EVALUATION DES VORHABENS

Dieses Vorhaben bot die Möglichkeit einer Betrachtung zweier unterschiedlicher Hälterungsverfahren unter Tierwohlaspekten, wie es sie in dieser Form bisher nicht gab. Es konnte gezeigt werden, dass Europäische Welse mit relativ einfachen Mitteln und dem Ansprechen ihres natürlichen Verhaltens, wie positive Rheotaxis und das Aufsuchen abgedunkelter Unterstände, dazu animiert werden können, selbstständig vom Hälterbecken in eine Betäubungseinheit einzuschwimmen. Abgesehen vom Plasmagehalt an Cortisol wiesen alle analysierten Stressparameter eine signifikante Verbesserung in der neuartigen Versuchsanlage auf. Auch konnte, insbesondere durch die pH-Werte der Fischfilets 24 Stunden *post mortem*, eine signifikante Verbesserung der Produktqualität in der neuartigen Anlage belegt werden.

Die gute Zusammenarbeit zwischen der Ahrenhorster Edelfisch GmbH&Co.KG und dem Institut für Fischerei, die gute fachliche Praxis während des gesamten Projekts sowie die oben erwähnten positiven Ergebnisse führten trotz zwischenzeitlicher Verzögerungen zu einem insgesamt erfolgreichen Abschluss des Vorhabens.

## 8 ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Vorhaben wurde die Idee des Verbundpartners, der Ahrenhorster Edelfisch GmbH&Co.KG, für eine Hälterungsanlage mit der Möglichkeit zur Separierung und Einzelentnahme von Schlachtfischen intensiv aufgezogener Europäischer Welse (*Silurus glanis*) umgesetzt. Es wurde eine technische Lösung zur Reduzierung bzw. Vermeidung des Stress verursachenden Fangs der Fische mittels Kescher aus der Hälterung bzw. der Handhabung von Schlachtfischen erarbeitet. Ziele waren eine Verbesserung des Tierwohls, der Fischqualität und der Fischbearbeitung in der intensiven Aquakultur.

Dazu wurde eine innovative Hälterungseinrichtung für Europäische Welse geplant und errichtet, in der die Fische selbstständig vom Hälterbecken in eine Betäubungseinrichtung schwimmen konnten. Zur Evaluierung des bestmöglichen Einschwimmerfolges der Fische wurden verschiedene Versuchsanordnungen getestet. Anschließend wurde die Einrichtung wissenschaftlich auf ihre Funktionalität und Wirkung auf die Fische, insbesondere im Hinblick auf das Tierwohl, die Fischqualität und den nötigen Arbeitseinsatz untersucht und mit der konventionellen Methode zur Hälterung und Betäubung von Schlachtfischen verglichen. Als Parameter dienten das Verhalten, Cortisol-, Hämatokrit-, Glukose- und Laktatbestimmungen sowie die Messung des pH-Wertes, der elektrischen Leitfähigkeit, Helligkeit und Farbe der Fischfilets. Auch die Gegenüberstellung der Wirtschaftlichkeit und des Arbeitseinsatzes beider Methoden wurde in die Arbeit miteinbezogen.

Es konnte gezeigt werden, dass Europäische Welse mit relativ einfachen Mitteln zum selbstständigen Einschwimmen in eine Betäubungseinheit animiert werden können. Hierfür konnten geeignete Grundlagen ermittelt werden. Die Analyse der Stress- und Fleischqualitätswerte ergab insgesamt ein deutlich reduziertes Stressaufkommen sowie eine signifikante Verbesserung der Produktqualität in der innovativen Hälterungseinrichtung. Einzig der Vergleich der Cortisolkonzentrationen ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen der innovativen Hälterungseinrichtung und der konventionellen Methode. Da diese Stress sehr akut anzeigen, dürfte dies mit der kurzfristigen Beunruhigung der Fische vor der Betäubung mittels Kopfschlag erklärbar sein. Zur Überprüfung dieser These sollte der Betäubungsteil der neuartigen Anlage durch eine Elektrobetäubung ersetzt und mit der Kopfschlagmethode verglichen werden. Auch könnten Modifikationen der Anlage zur Erhöhung der Zahl an eingeschwommenen Fischen in zukünftigen Arbeiten getestet werden. Abschließend ist zu erwähnen, dass sich die neuartige Anlage nach ca. 5.600 Arbeitsstunden amortisiert hat und sie eine erhebliche Verbesserung der Arbeitsbedingungen für die Arbeitnehmer in der Fischverarbeitung darstellt, da die zu verarbeitenden Fische auf Arbeitshöhe aus dieser Anlage entlassen werden.

## 9 GESONDERTE ABHANDLUNGEN

### 9.1 DARSTELLUNG EINES MÖGLICHEN FORSCHUNGSBEDARFS, DER SICH AUFGRUND DER UMSETZUNG DES MODELL- UND DEMONSTRATIONSVORHABENS ERGEBEN HAT

Siehe Anhang 1.

### 9.2 KURZFASSUNG DER ERGEBNISSE IN ALLGEMEINVERSTÄNDLICHER, ZUR VERÖFFENTLICHUNG GEEIGNETER FORM IN DEUTSCHER SPRACHE SOWIE IN ENGLISCHER SPRACHE

Siehe Anhang 2.

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Wasserwerte aus laufendem Betrieb der Anlagen der Ahrenhorster Edelfisch GmbH&Co.KG .....	19
Tabelle 2: Blutparameter der beprobten Fische aus den beiden zu vergleichenden Hälterungen .....	20
Tabelle 3: Fleischqualitätsparameter der beprobten Fische aus den beiden zu vergleichenden Hälterungen (pH und LF 24 h <i>post mortem</i> ) .....	21
Tabelle 4: Schlachtkörperzusammensetzung von Schlachtfischen der Ahrenhorster Edelfisch GmbH&Co.KG .....	23

## QUELLENVERZEICHNIS

- Adam, B. & Lehmann, B. (2011). *Ethohydraulik: Grundlagen, Methoden und Erkenntnisse*. Springer Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 327-328.
- Ashley, P. J. (2007). Fish welfare: Current issues in aquaculture. *Applied Animal Behaviour Science*, 104 (3-4), 199-235.
- 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.
- Barton, B. A. (2002). Stress in Fishes: A Diversity of Responses with Particular Reference to Changes in Circulating Corticosteroids. *Integrative and Comparative Biology*, 42 (3), 517-525.
- Clements, S. P. & Hicks, B. J. (2002). The effect of a trapping procedure on the stress response of wild rainbow trout. *North American Journal of Fisheries Management*, 22 (3), 907-916.
- Ellis, T., North, B., Scott, A. P., Bromage, N. R., Porter, M. & Gadd, D. (2002). The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. *Journal of Fish Biology*, 61 (3), 493-531.
- Ellis, T., Yildiz, H. Y., López-Olmeda, J., Spedicato, M. T., Tort, L., Øverli, Ø. & Martins, C. I. M. (2012). Cortisol and finfish welfare. *Fish Physiology and Biochemistry*, 38 (1), 163-188.
- FAO (2016). *The State of World Fisheries and Aquaculture. Contributing to food security and nutrition for all*. Rome.
- Hattingh, J. (1977). Blood sugar as an indicator of stress in the freshwater fish, *Labeo capensis* (Smith). *Journal of Fish Biology*, 10 (2), 191-195.
- Huntingford, F. A., Adams, C., Braithwaite, V. A., Kadri, S., Pottinger, T. G., Sandøe, P. & Turnbull, J. F. (2006). Current issues in fish welfare. *Journal of Fish Biology*, 68 (2), 332-372.
- Iwama, G. K. (1998). Stress in Fish. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 851 (1), 304-310.
- Martínez-Porchas, M., Martínez-Córdova, L. R. & Ramos-Enriquez, R. (2009). Cortisol and Glucose: Reliable indicators of fish stress? *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 4 (2), 158-178.

- Mustapha, M. K. (2014). Aquaculture and Fish Welfare: Are the Rights of Fish Compromised? *Zoologica Poloniae*, 59 (1-4), 49-68.
- North, B. P., Turnbull, J. F., Ellis, T., Porter, M. J., Migaud, H., Bron, J. & Bromage, N. R. (2006). The impact of stocking density on the welfare of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 255 (1-4), 466-479.
- Poli, B. M. (2009). Farmed fish welfare-suffering assessment and impact on product quality. *Italian Journal of Animal Science*, 8 (1), 139-160.
- Poli, B. M., Parisi, G., Scappini, F. & Zampacavallo, G. (2005). Fish welfare and quality as affected by pre-slaughter and slaughter management. *Aquaculture International*, 13 (1), 29-49.
- Pottinger, T. G. (2008). *The Stress Response in Fish - Mechanisms, Effects and Measurement*, in Fish Welfare (Hrsg. Branson, E. J.), Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK, 32-48.
- Ray, S. N. C. & Sinha, R. C. (2014). Serum Cortisol and Glucose: Reliable Bioindicators of stress in the Fish *Labeo rohita*. *Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 1 (8), 6-17.
- Schreckenbach K. (2010). *Gesundheit und Hygiene - Basis für Wachstum*, in Fisch vom Hof (Hrsg. Schmidt-Puckhaber, B.; Müller-Belecke, A.; Rümmler, F.; Schreckenbach, K.), DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 87-116.
- Wedekind, H. & Schreckenbach, K. (2003). Investigations on the effect of angling on stress response in rainbow trout. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 23 (5), 235-240.
- Wedekind, H. (2002). *Bestimmung der Produktqualität bei Fischen*. Schriften des Instituts für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow, Band 11 (Hrsg. Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow), Potsdam-Sacrow, 1-43.
- Wells, R. M. G. & Pankhurst, N. W. (1999). Evaluation of Simple Instruments for the Measurement of Blood Glucose and Lactate, and Plasma Protein as Stress Indicators in Fish. *Journal of the World Aquaculture Society*, 30 (2), 276-284.
- Wendelaar Bonga, S. E. (1997). The stress response in fish. *Physiological Reviews*, 77 (3), 591-625.