

**Abteilung Aquakultur und Gewässerökologie
Department für Nutztierwissenschaften
Georg-August-Universität Göttingen**

**„Förderinitiative Aquakultur: Hormonfreie Tilapiaproduktion sichert
nachhaltige Fischproduktion in Deutschland“**

Az 28177-31



**Abschlussbericht zum Projekt Az 28177-31 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt**

vorgelegt von

Prof. Dr. Gabriele Hörstgen-Schwark
Abt. Aquakultur und Gewässerökologie
Georg-August-Universität Göttingen
Albrecht-Thaer-Weg 3
37075 Göttingen
Telefon: 0551 39 5607
Fax: 0551 39 5587

Internet: <http://www.uni-goettingen.de/de/112529.html>

Kooperationspartner

Fisch und Wasser Oelzschau GmbH
Bischhofsweg 33
04779 Wermsdorf

Göttingen, im Juni 2012

Projektkennblatt

der

Deutschen Bundesstiftung Umwelt**Az 28177-31**Referat **31**
Umwelt-
chemieFördersumme **209000****Antragstitel** **Hormonfreie Tilapiaproduktion sichert nachhaltige Fischproduktion in Deutschland****Stichworte**

Laufzeit

Projektbeginn

Projektende

Projektphase(n)

1 Jahr 6 Monate**01.10.2010****31.03.2012****1**

Zwischenberichte

BewilligungsempfängerProf. Dr. Gabriele Hörstgen-Schwark
Abt. Aquakultur und Gewässerökologie
Georg-August-Universität Göttingen
Albrecht-Thaer-Weg 3
37075 Göttingen

Tel. Sekretariat 0551 39 12448

Fax 0551 39 5587

Projektleitung

Prof. Dr. Gabriele Hörstgen-Schwark

Bearbeiter

Hannah Mruck

KooperationspartnerFisch und Wasser Oelzschau GmbH
Bischhofsweg 33
04779 Wermsdorf***Zielsetzung und Anlass des Vorhabens***

Viele der in Aquakultur kultivierten Fischarten weisen einen starken Geschlechtsdimorphismus auf. Um das Geschlecht der Fische zu beeinflussen, werden in vielen Ländern synthetische Hormone eingesetzt. Diese werden den Fischen während der Geschlechtsdifferenzierung verabreicht. Besonders weit verbreitet ist dieses Vorgehen bei der Produktion von Niltilapien, wobei hier die männlichen Tiere schneller wachsen und daher bevorzugt werden. Die Umweltrelevanz und Konsumentenakzeptanz dieses Verfahrens bedingen bei steigender Nachfrage und wachsenden Importmengen in der EU nachhaltigere Protokolle zur Erstellung rein-männlicher Populationen. Daher war das primäre Ziel dieses Vorhabens eine hormonfreie Setzlingsproduktion von Tilapien in Deutschland zu ermöglichen.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

In zwei Versuchsdurchgängen wurden temperaturbehandelte phänotypische Männchen (TPM), genetische Männchen (GM) und hormonbehandelte phänotypische Männchen (HPM) hinsichtlich ihrer Mastleistungen und Schlachtkörperparameter verglichen. Diese Mastleistungsprüfung wurde in der Kreislaufanlage der Fisch und Wasser GmbH in Oelzschau unter kommerziellen Bedingungen durchgeführt. Die Besatzfische der einzelnen Mastdurchgänge wurden in der Warmwasserkreislaufanlage der Abteilung Aquakultur und Gewässerökologie der Georg-August-Universität erstellt, aufgezogen und zur anschließenden Ausmast zum Kooperationspartner gebracht. Anschließend erfolgte in der Abteilung Aquakultur und Gewässerökologie die statistische Auswertung der Wachstumsleistungen und Schlachtkörperparameter für die verschiedenen Prüfgruppen. Neben den Mastversuchen wurde der Prototyp einer Reproduktionseinheit für Tilapien entwickelt. Langfristig soll auf diesem Weg eine Setzlingsproduktion ermöglicht werden, bei der mit Hilfe einer Temperaturbehandlung rein männliche Besatzfische für eine anschließende Mast produziert werden können.

Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • <http://www.dbu.de>

Ergebnisse und Diskussion

In der vorliegenden Untersuchung wurden zunächst genetische (XY) mit TPM (XX) und in einem zweiten Mastdurchgang GM (XY), TPM (XX/XY) und HPM (XX/XY) miteinander verglichen. Die TPM Tilapien zeigten in beiden Versuchsreihen vergleichbare, bei separater Haltung sogar bessere Mastleistungen als GM und HPM. In der zweiten Versuchsreihe könnten aufgrund des „communal testings“ soziale Interaktionen zwischen den Tieren ausschlaggebend für das bessere Abwachsen der GM sein. Allerdings könnten ebenso genetische Unterschiede aufgrund der Tatsache, dass nicht die gleichen Elterntiere genutzt wurden, eine Rolle spielen. Nichtsdestotrotz zeigte sich in der zweiten Versuchsreihe deutlich ein negativer Effekt der Hormonbehandlung auf die Wachstumsleistung. Bei gleicher Genetik und gleicher Umwelt (communal testing) wuchsen TPM signifikant besser und wiesen zudem vergleichbare Schlachtkörperparameter auf. Es ist daher anzunehmen, dass TPM Tilapien den aufgrund ihrer Wärmebehandlung erzielten Wachstumsvorsprung gegenüber den genetischen Männchen über die gesamte Wachstumsperiode halten, bzw. sogar ausbauen können.

Die vorliegenden Reproduktionsversuche bestätigten die Möglichkeit einer räumlichen Trennung zwischen männlichen und weiblichen Tilapien sowie eine Unterteilung des Beckens in verschiedene Funktionsbereiche. Es zeigte sich, dass die Weibchen die Laichboxen der Männchen für die Reproduktion annehmen. Männliche Tiere konnten in der Box ihr normales Verhalten ausüben und standen nicht unter dem Stress, mit Artgenossen Rankämpfe auszuführen oder ihr Territorium verteidigen zu müssen. In allen Versuchsreihen zur Testung der Reproduktionsleistung im Tilapia Breeding Center konnten erfolgreiche Laichereignisse mit befruchteten Eiern festgestellt werden. Die Ergebnisse des Tilapia Breeding Center zeigten jedoch auch, dass das Verfahren für eine effiziente Setzlingsproduktion noch weiter optimiert werden muss. Das Prinzip des Tilapia Breeding Centers als solches funktionierte gut, allerdings müssen die Reproduktionsleistungen der Weibchen noch verbessert werden.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Eine Präsentation des Projekts „Hormonfreie Tilapiaproduktion sichert nachhaltige Fischproduktion in Deutschland“ erfolgte auf dem DBU-Workshop am 8. und 9. Juli im ZUK der DBU. Des Weiteren erhielt das Projekt die Möglichkeit vom Ministerium für Wissenschaft und Kultur des Landes Niedersachsen auf dem Niedersächsischen Gemeinschaftsstand im Rahmen der Hannover Messe 2012 (23.04.-27.04.) präsentiert zu werden. Anhand des Funktionsmodells des TBC konnte den Besuchern die Funktion und Notwendigkeit der Entwicklung einer solchen Erbrütungseinheit näher gebracht werden.

Fazit

Es konnte gezeigt werden, dass temperaturbehandelte, phänotypisch männliche Tilapien einen Wachstumsvorteil gegenüber hormonbehandelten Männchen aufweisen. Bessere Schlachtparameter der temperaturbehandelten phänotypischen Männchen sprachen außerdem für die Nutzung dieser Tiere in der Aquakultur. Eine effiziente Setzlingsproduktion im Tilapia Breeding Centre ist derzeit noch nicht gegeben. Das Prinzip des Tilapia Breeding Centres als solches funktionierte gut, allerdings müssen die Verfahren zur Steigerung der Reproduktionsleistungen der Rogner weiter optimiert werden.

Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • <http://www.dbu.de>

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	i
Tabellenverzeichnis.....	ii
Zusammenfassung	1
Einleitung	2
Projektrelevante Meilensteine 1-Mastleistungen temperaturbehandelter Tilapien	3
1. Mastdurchgang	4
Ergebnisse	6
2. Mastdurchgang	8
Ergebnisse	10
Diskussion der Ergebnisse.....	13
Projektrelevante Meilensteine 2-Erbrütungseinheit-Tilapia Breeding Center (TBC).....	17
Material und Methoden	19
Ergebnisse und Diskussion.....	22
Fazit.....	26
Öffentlichkeitsarbeit.....	27
Literaturverzeichnis.....	30

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Mastversuch zur Erfassung des Wachstumspotentials und der Schlachtkörpermerkmale genotypischer (XY) und temperaturbehandelter phänotypischer (XX) Männchen.	4
Abbildung 2. Morphometrische Erfassung der Länge, Höhe und des Nettoschlachtkörpers von Niltilapien.	5
Abbildung 3. Mittelwertvergleich der Stückgewichte von genotypischen (GM, XY) und temperaturbehandelten phänotypischen (TPM, XX) Männchen am Schlachttag.	6
Abbildung 4. Mittelwertvergleich von genotypischen (GM, XY) und temperaturbehandelten phänotypischen (TPM, XX) Männchen am Schlachttag in Bezug auf die wichtigsten Schlachtparameter (Nettoschlachtkörper %, Kopf- und Flossenanteil % und Innereienanteil %).	7
Abbildung 5 „Communal testing“-Versuchsdesign zur Erfassung des Wachstumspotentials und Schlachtkörpermerkmale genotypischer (XY) und temperaturbehandelter (TPM, XX/XY), und hormonbehandelter (HPM, XX/XY) Männchen.	9
Abbildung 6. Wanderverhalten von Tilapien in tropischen Gewässern (Veränderte Darstellung nach BEZAULT et al., 2007)	17
Abbildung 7. Bilder des Tilapia Breeding Center, a) und b) zeigen den Prototyp, c) und d) stellen Modellzeichnungen des TBC dar.	18
Abbildung 8. Schwimmverhalten einer weiblicher Tilapie, gemessen über einen Beobachtungszeitraum von 2 h (die gelbe Linie zeigt die geschwommene Strecke).	19
Abbildung 9. Aufsicht auf ein Versuchsbecken mit Laichboxen und Kunststoffröhren im Vorversuch zur Feststellung des Territorial- und Kampfverhaltens männlicher Tilapien.	20
Abbildung 10. Aufsicht auf das mit vier Männchen in Laichboxen und 40 frei schwimmenden Weibchen besetzte Tilapia Breeding Center (bei dem linksseitig abgetrennten Bereich handelt es sich um die Brutabfischrinne).	25

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Mittelwertvergleiche der Stückgewichte am Schlachttag (g), der spezifischen Wachstumsrate (SGR, %/d) und des Zuwachses (g), bei genetischen Männchen (GM, XY, n= 267), temperaturbehandelten phänotypischen Männchen (TPM, XX, XY, n= 164) und hormonbehandelten Männchen (HPM, XX, XY, n= 194). _____	10
Tabelle 2. Mittelwertvergleiche der Schlachtkörperparameter am Schlachttag bei genetischen Männchen (GM, XY), temperaturbehandelten phänotypischen Männchen (TPM, XX, XY) und hormonbehandelten Männchen (HPM, XX, XY). _____	11
Tabelle 3. Mittelwertvergleiche der prozentualen Schlachtkörperparameter am Schlachttag bei genetischen Männchen (GM, XY), temperaturbehandelten phänotypischen Männchen (TPM, XX, XY) und hormonbehandelten Männchen (HPM, XX, XY). _____	12
Tabelle 4. Mittelwertvergleiche der Schlachtparameter Nettoschlacht-körper NSK (%), Kopf- und Flossenanteil (%), Innereienanteil (%) und GSI (%) beider Mastdurchgänge mit Vergleichswerten aus der Literatur (Werte in Klammern), sowie die Differenz der jeweiligen Vergleichsgruppe zu TPM (Δ zu TPM). _____	14
Tabelle 5. Reproduktionsleistung von Niltilapien im GFK-Becken. Anzahl der Tiere, Versuchszeitraum und Gesamtanzahl der am Ende erhaltenen Eier und Larven je Testdurchlauf. _____	22
Tabelle 6. Gewicht der Weibchen, Anzahl der aus dem Maul entnommenen Eier oder Larven sowie die Anzahl der in die Anfütterung überführten Larven. _____	23
Tabelle 7. Reproduktionsleistung von Niltilapien im Tilapia Breeding Center, bei einer Besatzdichte von 21,8 kg/m ³ für die Rogner und 5,7 kg/m ³ für die Milchner. _____	24
Tabelle 8. Anzahl der Eier und Larven je Weibchen sowie Anzahlen der im Anschluss in die Anfütterung überführten Brut. Anzahl der sich im TBC befindlichen Larven getrennt nach Larven aus der Brutrinne und nach frei schwimmender Brut. _____	24

Zusammenfassung

In zwei Versuchsdurchgängen wurden temperaturbehandelte phänotypische Männchen (TPM), genetische Männchen (GM) und hormonbehandelte phänotypischen Männchen (HPM) hinsichtlich ihrer Mast- und Schlachtkörperleistungen verglichen. Die Mastleistungsprüfung wurde in der Kreislaufanlage der Fisch und Wasser GmbH in Oelzschau unter kommerziellen Bedingungen durchgeführt. In der vorliegenden Untersuchung wurden zunächst GM (XY) mit TPM (XX) und in einem zweiten Mastdurchgang GM (XY), TPM (XX/XY) und HPM (XX/XY) miteinander verglichen. Die TPM Tilapien zeigten in beiden Versuchsreihen vergleichbare, bei separater Haltung sogar bessere Mastleistungen als GM und HPM. In der zweiten Versuchsreihe könnten aufgrund des „communal testings“ soziale Interaktionen zwischen den Tieren ausschlaggebend für das bessere Abwachsen der GM sein. Allerdings könnten ebenso genetische Unterschiede, aufgrund der Tatsache, dass nicht die gleichen Elterntiere genutzt wurden, eine Rolle spielen. Nichtsdestotrotz zeigte sich in der zweiten Versuchsreihe deutlich ein negativer Effekt der Hormonbehandlung auf die Wachstumsleistung. Bei gleicher Genetik und gleicher Umwelt (communal testing) wuchsen TPM signifikant besser als HPM und wiesen zudem vergleichbare oder bessere Schlachtkörperparameter auf. Es ist daher anzunehmen, dass TPM Tilapien den aufgrund ihrer Wärmebehandlung erzielten Wachstumsvorsprung gegenüber den genetischen Männchen über die gesamte Wachstumsperiode halten bzw. sogar ausbauen können.

Neben den Mastversuchen wurde der Prototyp einer Reproduktionseinheit, dem Tilapia Breeding Center (TBC), entwickelt. Langfristig soll auf diesem Weg eine Setzlingsproduktion ermöglicht werden, bei der mit Hilfe einer Temperaturbehandlung rein männliche Besatzfische für eine anschließende Mast produziert werden können. Die vorliegenden Reproduktionsversuche, bestätigten die Möglichkeit einer räumlichen Trennung zwischen männlichen und weiblichen Tilapien sowie eine Unterteilung des Beckens in verschiedene Funktionsbereiche. Es zeigte sich, dass die Weibchen die Laichboxen der Männchen für die Reproduktion annehmen. Männliche Tiere konnten in der Box ihr normales Verhalten ausüben und standen nicht unter dem Stress, in Rankkämpfe mit Artgenossen verwickelt zu werden und ihr Territorium verteidigen zu müssen. In allen Versuchsreihen zur Testung der Reproduktionsleistung im TBC konnten erfolgreiche Laichereignisse mit befruchteten Eiern festgestellt werden. Die Ergebnisse des TBC zeigten jedoch auch, dass das Verfahren für eine effiziente Setzlingsproduktion noch weiter optimiert werden muss. Das Prinzip des TBC als solches funktionierte gut, wobei allerdings die Reproduktionsleistungen der Weibchen noch verbessert werden müssten.

Fazit

Es konnte gezeigt werden, dass temperaturbehandelte, phänotypisch männliche Tilapien einen Wachstumsvorteil gegenüber hormonbehandelten Männchen aufweisen in Kombination mit besseren Schlachtkörperparametern. Weiterhin wurde gezeigt, dass eine effiziente Setzlingsproduktion im TBC derzeit noch nicht gegeben ist, obwohl das Prinzip des TBC als solches gut funktionierte. Verfahren zur Steigerung der Reproduktionsleistungen auf Seiten der Rogner müssen daher weiter optimiert werden.

Einleitung

In den letzten fünf Jahren (2005-2010) stieg die weltweite Produktion von Tilapien von 1,9 Mio. Tonnen auf knapp 3,5 Mio. Tonnen (FAO, 2010). Zurzeit liegen die Tilapien auf Platz zwei der am häufigsten in der Aquakultur erzeugten Fischarten und haben somit die Salmoniden von diesem Platz verdrängt (FAO, 2010). Die Spezies *Oreochromis niloticus*, auch Niltilapie genannt, macht hierbei einen Anteil von 2,5 Mio. Tonnen aus (FAO, 2010). Sie verwertet Organismen an der Basis der aquatischen Nahrungskette, zeigt eine gute Toleranz gegenüber suboptimalen Wasserqualitäten und ist weitgehend krankheitsresistent. Darüber hinaus verfügt diese Art über ein hohes Wachstumspotential im Vergleich zu anderen Tilapienarten und besitzt ein fein strukturiertes, weißes Fleisch von ausgezeichnetem Geschmack. Ein Problem bei der Mast stellt die frühe Geschlechtsreife der Fische dar, die noch vor der Schlachtreife erreicht wird, und dem damit verbundenen häufigen Ablachen der weiblichen Fische alle 4-6 Wochen. Zudem gehören Niltilapien zu den maternalen Maulbrütern, was bedeutet, dass weibliche Tiere während der Erbrütung der Eier kein Futter zu sich nehmen können und somit in ihrer Gewichtsentwicklung, im Vergleich zu den männlichen Fischen, zurückbleiben. Die in gemischtgeschlechtlichen Mastbeständen durch ungewollte Reproduktion entstehende Brut steht zudem in Konkurrenz zu den eigentlichen Besatzfischen (EZZAZ et al., 2004; PHELPS und POPMA, 2000). Daraus resultieren inhomogene Bestände und ein geringerer Ertrag. Um dennoch effizient produzieren zu können, sind rein männliche Mastbestände gefragt. In den tropischen Produktionsländern werden männliche Besatzfische überwiegend durch eine Verfütterung von hormonhaltigem Futter erstellt. Dazu wird das Futtermittel mit Methyltestosteron versetzt und an die Brut verfüttert (z.B. 17- α -Methyltestosteron 40 mg MT/kg, DRUMMOND et al., 2009). Auf diesem Weg wird eine Vermännlichung der späteren Besatzfische erzielt. Erfolgt ein unsachgemäßer Einsatz oder Umgang mit dem hormonhaltigen Futter, bringt dies erhebliche Risiken mit sich: zum einen für die Person, die mit dem hormonhaltigen Futter hantiert und daher Schutzkleidung tragen sollte, zum anderen können die Hormone über das Haltungswasser in die Umwelt gelangen, sofern das Haltungswasser nicht fachgerecht entsorgt wird. Aus diesen Gründen ist es besonders wichtig, männliche Besatzfische auf eine umweltfreundliche und vom Verbraucher akzeptierte Art und Weise erstellen zu können.

Tilapien weisen neben geschlechtsbestimmenden Hauptfaktoren (XX/XY) und autosomalen Nebenfaktoren, die in bestimmter Kombination in der Lage sind, die Hauptfaktoren zu überlagern, auch eine temperaturabhängige Geschlechtsausprägung auf, wobei hohe

Temperaturen ($>34^{\circ}\text{C}$) eine Vermännlichung der Brut bewirken (BAROILLER et al., 2009). TESSEMA et al., (2006) optimierten die Wärmebehandlung der Brut, so dass diese ab dem 10. Tag nach der Befruchtung für 10 Tage bei einer Wassertemperatur von 36°C gehalten wird, was beste Ergebnisse hinsichtlich der Überlebensraten garantiert. Anschließend wird die Brut wieder bei Wassertemperaturen von 28°C gehalten. Mit Hilfe einer derartigen Wärmebehandlung können phänotypisch männliche Besatzfische erzeugt und für eine anschließende Mast verwendet werden. Durch Selektion auf Temperatursensibilität konnte innerhalb von zwei Generationen der Anteil männlicher Besatzfische auf 90% erhöht werden (WESSELS und HÖRSTGEN-SCHWARK, 2007). Nach einer weiteren dritten Selektionsgeneration lag der Männchenanteil in dieser temperatursensiblen Linie bei 93% (WESSELS et al., 2011), und weicht somit nur geringfügig von den bei Hormonbehandlung erzielten Werten ab.

Auf dem europäischen Markt sind Tilapien als Speisefische zwar noch nicht voll etabliert, jedoch ist ihr Marktanteil wachsend (FAO Globefish, 2012). Handelsketten, wie die Deutsche See, Edeka, Metro, Nordsee und Real haben Tilapien in ihrem Sortiment und verzeichnen steigendes Kundeninteresse.

Soll dieser kommende Bedarf unter Wahrung der hohen europäischen Ansprüche an die Standards von Qualität, Sicherheit und Nachhaltigkeit gedeckt werden, sind entscheidende Vorarbeiten erforderlich.

- Bereitstellung von All-Male Populationen
- Erzeugung der Setzlinge ohne Hormone
- Entwicklung einer Erbrütungseinrichtung

Projektrelevante Meilensteine 1-Mastleistungen temperaturbehandelter Tilapien

In zwei Versuchsdurchgängen wurden temperaturbehandelte phänotypische Männchen (TPM), genetische Männchen (GM) und hormonbehandelte phänotypischen Männchen (HPM) hinsichtlich ihrer Mastleistungen verglichen. Diese Mastleistungsprüfung wurde in der Kreislaufanlage der Fisch und Wasser GmbH in Oelzschau unter kommerziellen Bedingungen durchgeführt.

Die Besatzfische der einzelnen Mastdurchgänge wurden in der Warmwasserkreislaufanlage der Abteilung Aquakultur und Gewässerökologie der Georg-August-Universität erstellt, aufgezogen und zur anschließenden Ausmast zum Kooperationspartner gebracht.

1. Mastdurchgang

Um zu ermitteln, in wie weit die Mastleistung von TPM (XX-Genotyp), mit der von GM (XY-Genotyp) vergleichbar ist, wurde ein erster Mastvergleich mit zwei entsprechenden Prüfgruppen durchgeführt. Die für die Versuche notwendigen Versuchsfische wurden innerhalb eines Zeitraums von zwei Wochen erstellt und getrennt nach Genotyp aufgezogen. Pro Genotyp wurden 320 Setzlinge zufallsmäßig selektiert, wobei 50 dieser Tiere markiert wurden (siehe Abbildung 1). Markierte Tiere wurden, um Beckeneffekte ausschließen zu können, reziprok unter die Fische der anderen Prüfgruppe gemischt. Somit wurde ein Becken mit 270 GM (XY) und 50 markierten TPM (XX), und ein Becken mit 270 TPM (XX) und 50 markierten GM (XY) besetzt.

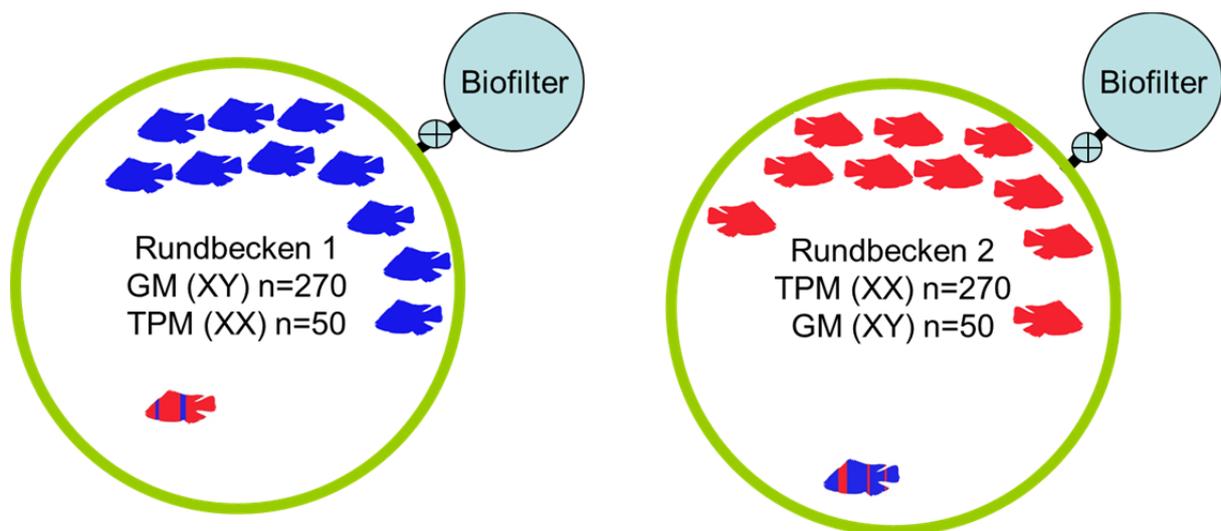


Abbildung 1. Mastversuch zur Erfassung des Wachstumspotentials und der Schlachtkörpermerkmale genotypischer (XY) und temperaturbehandelter phänotypischer (XX) Männchen.

Die Mast erfolgte in zwei Rundbecken (jeweils 5m^3) im Betrieb der Fisch und Wasser GmbH in Oelzschau. Während der gesamten Mast wurde eine Wassertemperatur von 28°C sowie eine Photoperiode von 12 h Licht und 12 h Dunkelheit eingehalten. Gefüttert wurden die Fische mit einem Karpfenfutter des Typs C-2 Pro Aqua K18 (36% Protein und 18% Fett) der Firma Skretting®. Um einen bestmöglichen Zuwachs bei einer bestmöglichen

Futterverwertung zu ermöglichen, wurden die Becken zusätzlich mit technischem Sauerstoff belüftet, so dass am Auslauf der Haltebecken eine O₂-Sättigung von durchschnittlich 89,4 ± 4% erreicht werden konnte. Zudem wurden täglich die wichtigsten Wasserparameter bestimmt. Im Mittel lag der pH-Wert bei 6,93 ± 0,2; NH₄⁺ bei 0,71 ± 0,3 mg/l, NO₂⁻ 0,17 ± 0,2 mg/l und NO₃⁻ bei 11,8 ± 3,0 mg/l während der gesamten Mastperiode. Alle vier Wochen wurden die Durchschnittsgewichte der Fische ermittelt und die Futtermenge an den Bedarf der Tiere angepasst. Am Ende der Mast, nach knapp 25 Wochen, wurden die TPM und die GM getrennt nach Genotyp in Hälterungsbecken verbracht. Über einen Zeitraum von zwei Wochen wurde ein kontinuierlicher Wasserwechsel eingestellt und die Fische eine Woche lang vor der Schlachtung genüchert.

Am Schlachttag wurden alle Fische gewogen. Anhand einer zufälligen Stichprobe von 60 TPM (XX-Genotyp) bzw. 59 GM (XY-Genotyp) wurden folgende Parameter an den Einzeltieren erhoben: Stückgewicht (g), Körperlänge (cm), Körperhöhe (cm), Kopf- und Flossengewicht (g), Innereingewicht (g), Gonadengewicht (g), Lebergewicht (g) und das phänotypische Geschlecht (siehe Abbildung 2).

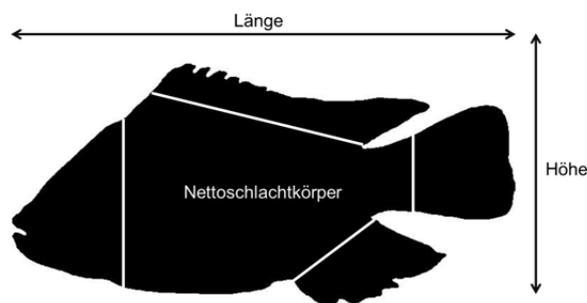


Abbildung 2. Morphometrische Erfassung der Länge, Höhe und des Nettoschlachtkörpers von Niltilapien.

Auf Basis dieser erhobenen Werte wurden weitere schlachtkörperbeschreibende Parameter errechnet.

- Korpulenzfaktor ($K, g/cm^3$) = $(100 \cdot \text{Körpergewicht}(g)) / (\text{Länge}(cm))^3$
- Nettoschlachtkörper (NSK, g) = Schlachtgewicht - Gewicht von Kopf und Flossen-Innereien
- Nettoschlachtkörper (NSK, %) = Prozentualer Anteil des Nettoschlachtkörpers am Stückgewicht

- Innereienanteil (IA, %) = Prozentualer Anteil des Innereingewichtes einschließlich Gonaden am Stückgewicht
- Kopf- und Flossenanteil (KFA, %) = Prozentualer Anteil des Kopf- und Flossengewichtes am Stückgewicht
- Gonadosomaler Index (GSI, %) = Prozentualer Anteil des Gonadengewichtes am Stückgewicht
- Hepatosomaler Index (HSI, %) = Prozentualer Anteil des Lebergewichtes am Stückgewicht

Die statistische Auswertung der Mastergebnisse erfolgte mit SAS Version 9.3.

Ergebnisse

Aus Abbildung 3 lässt sich entnehmen, dass die Fische der TPM Gruppe höhere Mastgewichte erreichten als die der GM Fische, allerdings konnte diese Differenz nicht statistisch abgesichert werden. Im Mittel wogen die temperaturbehandelten phänotypischen Männchen $545,6 \text{ g} \pm 103,8$ das durchschnittliche Gewicht der genetischen Männchen lag hingegen bei $478,5 \text{ g} \pm 104,6$. Bezüglich des Korpulenzfaktors ergaben sich keine Unterschiede, TPM und GM wiesen Werte von $2,09 \text{ g/cm}^3 \pm 0,14$ beziehungsweise $2,08 \text{ g/cm}^3 \pm 0,15$ auf.

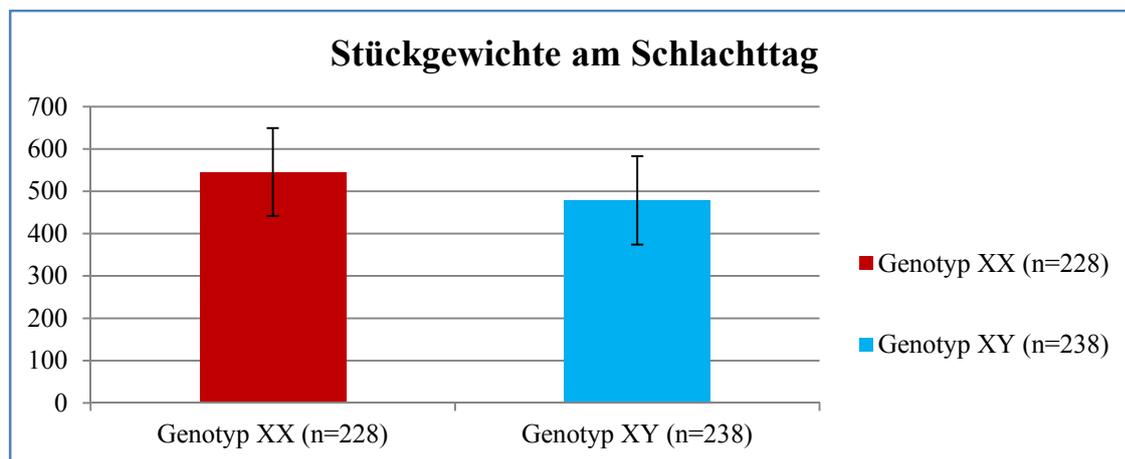


Abbildung 3. Mittelwertvergleich der Stückgewichte von genotypischen (GM, XY) und temperaturbehandelten phänotypischen (TPM, XX) Männchen am Schlachttag.

Aus Abbildung 4 wird deutlich, dass der Nettoschlachtkörper der TPM um 1,5 Prozentpunkte signifikant ($p < 0,0001$) über dem der genetischen Männchen lag. Die um zwei Prozentpunkte geringeren Kopf- und Flossenanteile waren ein weiterer Vorteil der TPM ($31\% \pm 1,9$ beim XX-Genotyp, $33\% \pm 1,4$ bei XY-Genotyp, $p < 0,05$) sowie der um 1% geringere

Innereienanteil (TPM: $7\% \pm 1,2$; GM: $8\% \pm 1,1$), der jedoch statistisch nicht abgesichert werden konnte.

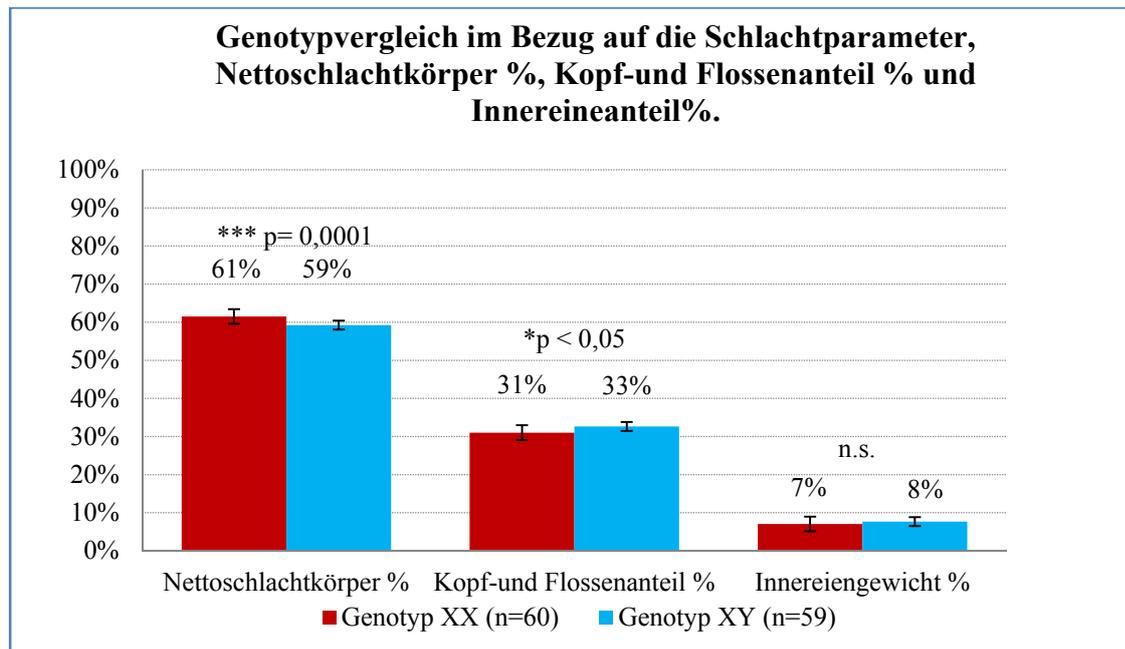


Abbildung 4. Mittelwertvergleich von genotypischen (GM, XY) und temperaturbehandelten phänotypischen (TPM, XX) Männchen am Schlachttag in Bezug auf die wichtigsten Schlachtparameter (Nettoschlachtkörper %, Kopf-und Flossenanteil % und Innereienanteil %).

Der GSI beschreibt den prozentualen Anteil der Gonaden am Stückgewicht. Interessanterweise konnte zwischen den beiden Genotypen (GM, TPM) kein Unterschied in Bezug auf den GSI festgestellt werden. Bei beiden Versuchsgruppen wurden ähnliche Werte ermittelt (TPM $0,44\% \pm 0,2$, GM $0,42\% \pm 0,2$). Die Gonaden zeigten sich bei beiden Genotypen gleichermaßen entwickelt, wobei die Entwicklung auf einer Skala von 1-7 aufsteigend bewertet wurde (Stadium 7 = höchste Reifestufe). Durchschnittlich lag das Reifestadium der Gonaden der TPM bei $6,55 \pm 0,6$, wohingegen GM einen Wert von $6,47 \pm 0,6$ erreichten. Somit waren die TPM etwas weiter fortgeschritten in ihrer geschlechtlichen Entwicklung.

In Bezug auf den errechneten HSI (%) zeigte sich keine Differenz zwischen den Genotypen (TPM $1,3\% \pm 0,4$; GM $1,27\% \pm 0,3$). Mit Hilfe des HSI kann auf eine mögliche Verfettung und stoffwechselbedingte Störungen der Tiere geschlossen werden. Bei beiden Genotypen lag der HSI in einem niedrigen Bereich, eine Verfettung der Innereien wurde ebenfalls nicht festgestellt.

2. Mastdurchgang

Um eine bessere Vergleichbarkeit mit der in den anderen Produktionsländern standardgemäß angewendeten Hormonbehandlung zu erhalten, wurde ein weiterer Mastversuch mit hormon- und temperaturbehandelten Gruppen durchgeführt

Insgesamt sieben Gelege von zufällig ausgewählten genetischen Weibchen (XX) der hiesigen Zuchtpopulation und Weibchen der temperatursensiblen Linie (XX) wurden mit dem Sperma von jeweils drei Männchen (XY) aus der temperatursensiblen Linie (Wessels und Hörstgen-Schwark, 2011) befruchtet. Nach der erfolgreichen Erbrütung der befruchteten Eier wurden die Larven jeder Vollgeschwistergruppe am 9. Tag auf zwei Gruppen aufgeteilt und entweder für zehn Tage einer Temperaturbehandlung bei 36°C (TPM) oder der sonst in Drittländern üblichen Hormonbehandlung (HPM) unterzogen.

Nach der Behandlung wurde die Brut für die weitere Aufzucht in 200 l Glasaquarien umgesetzt und weiter aufgezogen. Zur Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen des ersten Durchgangs wurden Vollgeschwistergruppen GM (XY) erstellt, die nicht verwandt waren mit den übrigen Versuchsgruppen (TPM und HPM). Diese Tiere wurden durchgängig bei 28°C ohne jegliche Behandlung aufgezogen, aber ansonsten unter den gleichen standardisierten Bedingungen wie die Vergleichsgruppen gehalten. Während der Anfütterung vom 10-24. Tag nach der Befruchtung, erhielten alle Tiere das Futter Tetra Min Junior (ad libitum). Ab dem 24. Tag wurde ein Forellenfutter der Firma Skretting eingesetzt (F-1,0 MP Pro Aqua Brut, 48 % XP, 18% XL).

Jeder Setzling wurde kurz vor der Überführung in die Mastanlage (Fisch und Wasser GmbH, Oelzschau) mit einem Transponder (Passive Integrated Transponder PIT-Tag) versehen, so dass eine individuelle Merkmalerfassung möglich wurde. Während der gesamten Mast wurden die Tiere mit dem Futter TilapiCo Royal der Firma Coppens (XP 41%, XL 13%) gefüttert und bei einer Photoperiode von 12 h Licht- und 12 h Dunkelphase gehalten. Die Wassertemperatur betrug im gesamten Zeitraum (165 Tage) konstant 28°C. Während der Mast wurden folgende Parameter kontinuierlich gemessen: NH_4^+ 0,75 mg/l \pm 0,4; NO_2^- 0,18 mg/l \pm 0,05; NO_3^- 19,16 mg/l \pm 7,8; O_2 88% \pm 3,7 und pH-Wert 6,9 \pm 0,15.

Im Gegensatz zur ersten Versuchsreihe wurde in der zweiten ein sogenanntes „communal testing“ genutzt. Da alle Fische individuell identifizierbar waren, konnten die Tiere mit unterschiedlichen Genotypen gemeinschaftlich (n=2 Becken) aufgezogen werden (siehe Abbildung 5).

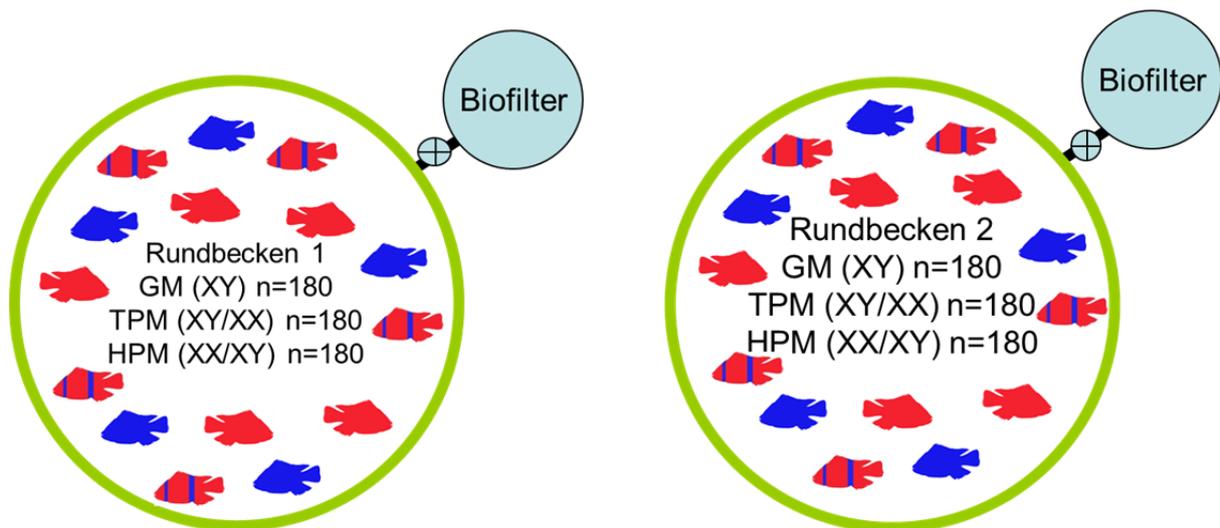


Abbildung 5 „Communal testing“-Versuchsdesign zur Erfassung des Wachstumspotentials und Schlachtkörpermerkmale genotypischer (XY) und temperaturbehandelter (TPM, XX/XY), und hormonbehandelter (HPM, XX/XY) Männchen.

Diese Vorgehensweise erlaubte Interaktionen zwischen den Tieren unterschiedlicher Genotypen, was bei Fischen einen starken Einfluss auf das Wachstum bestimmter Genotypen haben kann. Die Dauer der Mast betrug 165 Tage unter annähernd kommerziellen Bedingungen. Die Schlachtung erfolgte nach der Nüchternung der Fische an zwei aufeinander folgenden Tagen.

Anzumerken bleibt hier, dass bei den TPM und HPM Versuchsgruppen nicht zwischen genetischen Männchen (XY) und funktionellen Männchen (XX) unterschieden werden kann, da nur genetisch weibliche und genetisch männliche Fische als Eltern eingesetzt wurden.

Von jeder Versuchsgruppe (GM, TPM und HPM) wurde eine Stichprobe von je 61 Tieren hinsichtlich ihrer Schlachtkörperzusammensetzung untersucht. Dazu wurden die gleichen Schlachtkörperparameter erhoben wie im ersten Mastdurchgang (Stückgewicht, Länge, Höhe, Innereingewicht, Kopf- und Flossengewicht, Gonaden- und Lebergewicht, Nettoschlachtkörper sowie hepatosomaler und gonadosomaler Index). Aufgrund der Einzeltierkennzeichnung konnte zudem der individuelle Zuwachs (g pro Tag) und die spezifische Wachstumsrate (SGR in % pro Tag) errechnet werden. Für den gesamten Mastdurchgang wurden das Protein-Effizienz-Verhältnis und die Futtermittelverwertung berechnet. Die statistische Auswertung des 2. Mastdurchgangs erfolgte mit STATISTICA® Version 10.

Ergebnisse

In Tabelle 1 sind die Mastparameter Stückgewicht am Schlachttag, spezifische Wachstumsrate und der Zuwachs für den Mastzeitraum von 165 Tagen für die drei Versuchsgruppen dargestellt. Hinsichtlich dieser drei Parameter ergaben sich identische, statistisch abgesicherte Ergebnisse mit jeweils identischer Rangierung GM > TPM > HPM ($p < 0,01$, Scheffé-Test). In allen drei Parametern zeigten die GM einen deutlichen Vorteil gegenüber den Vergleichsgruppen, allerdings konnten zwischen den Vollgeschwistergruppen der TPM und HPM ebenfalls signifikante Unterschiede ($p < 0,001$) zugunsten der TPM festgestellt werden.

Ein Vorteil der GM könnte auf einen Familieneffekt zurückgehen, da nicht die gleichen Rogner wie bei TPM und HPM eingesetzt wurden. Des Weiteren könnten auch soziale Interaktionen zwischen Tieren unterschiedlicher Genotypen ausschlaggebend für ein unterschiedliches Wachstum sein, da GM kompetitiver sein könnten. Diese Hypothesen konnten jedoch noch nicht überprüft werden.

Tabelle 1. Mittelwertvergleiche der Stückgewichte am Schlachttag (g), der spezifischen Wachstumsrate (SGR, %/d) und des Zuwachses (g), bei genetischen Männchen (GM, XY, n= 267), temperaturbehandelten phänotypischen Männchen (TPM, XX, XY, n= 164) und hormonbehandelten Männchen (HPM, XX, XY, n= 194).

Parameter	GM (XY, n=61)	TPM (XX,XY n=61)	HPM (XX, XY n=61)
Gewicht (g)	895,1 ^(a) ± 140,6	798,0 ^(b) ± 127,1	736,9 ^(c) ± 120,3
SWR (%/d)	0,84 ^(a) ± 0,13	0,72 ^(b) ± 0,13	0,65 ^(c) ± 0,15
Zuwachs (g)	667,9 ^(a) ± 131,1	554,1 ^(b) ± 120,7	483,4 ^(c) ± 121,3

(Tiere mit unterschiedlichen Indices (a, b, c) innerhalb der jeweiligen Zeile unterscheiden sich signifikant voneinander, Scheffé-Test $p < 0,01$).

In Tabelle 2 wurden die Mittelwerte und Standardabweichungen der bei der Schlachtung erhobenen Schlachtkörperparameter in den drei Versuchsgruppen zusammengefasst. Bei den Parametern Länge (cm) und Höhe (cm) lag zwischen den Versuchsgruppen kein signifikanter Unterschiede vor ($p > 0,05$).

Tabelle 2. Mittelwertvergleiche der Schlachtkörperparameter am Schlachttag bei genetischen Männchen (GM, XY), temperaturbehandelten phänotypischen Männchen (TPM, XX, XY) und hormonbehandelten Männchen (HPM, XX, XY).

Parameter	GM (XY, n=61)	TPM (XX/XY, n=61)	HPM (XX/XY, n=61)
Länge (cm)	33,7 ^(a) ± 1,37	33,7 ^(a) ± 1,42	33,2 ^(a) ± 1,42
Höhe (cm)	11,9 ^(a) ± 0,7	11,2 ^(a) ± 0,8	11,1 ^(a) ± 0,8
Gewicht (g)	864,0 ^(a) ± 124,1	837,3 ^(a) ± 133,8	761,5 ^(b) ± 108,7
Kopf+Flossen (g)	256,9 ^(a) ± 36,4	232,9 ^(b) ± 32,9	227,8 ^(b) ± 34,6
Innereingewicht (g)	69,3 ^(a) ± 19,5	75,2 ^(a) ± 23,8	57,0 ^(b) ± 15,6
Gonaden Gewicht (g)	6,1 ^(a) ± 6,5	2,5 ^(b) ± 1,2	2,8 ^(b) ± 1,5
Lebergewicht (g)	23,9 ^(a) ± 6,2	21,9 ^(a) ± 7,6	15,5 ^(b) ± 4,9
Nettoschlachtkörper (g)	508,8 ^(a) ± 79,2	504,8 ^(a) ± 93,2	458,3 ^(b) ± 67,4
K-Faktor (g/cm³)	2,26 ^(a) ± 0,2	2,27 ^(b) ± 0,2	2,08 ^(c) ± 0,2

(Tiere mit unterschiedlichem Index (a, b, c) innerhalb der jeweiligen Zeile unterscheiden sich signifikant voneinander, Tukey-Test $p \leq 0,05$).

TPM Tiere zeigten jedoch um 9,1% höhere Schlachtgewichte ($p=0,0018$) und bezogen auf den Nettoschlachtkörper, eine um 9,3% höhere Ausbeute ($p=0,0044$). Keine signifikanten Unterschiede konnten in Bezug auf die Parameter Kopf- und Flossengewicht (g) sowie das Gonadengewicht (g) festgestellt werden. Allerdings wiesen HPM im Vergleich zu TPM ein stark reduzierteres Innereien- und Lebergewicht auf (g) ($p=0,00002$). Der K-Faktor lag bei den TPM Tieren im Vergleich etwas höher mit $2,27 \text{ g/cm}^3 \pm 0,21$ ($p=0,02$).

Tabelle 3 gibt die Mittelwerte und Standardabweichungen der erhobenen Schlachtkörperparameter in Prozent wieder. Die phänotypischen Männchen aus TPM und HPM wiesen einen um 1,4 Prozentpunkte höheren Nettoschlachtkörper im Vergleich zu den genetischen Männchen (GM) auf ($p=0,03$ zu genetischen Männchen und $p=0,02$ zu HPM). Der TPM Genotyp besaß mit rund 1,8 % Prozentpunkten den geringsten relativen Anteil an Kopf und Flossen ($p=0,001$ zu HPM Tieren, $p=0,004$ zu genetischen Männchen). Die HPM Tiere zeigten im Vergleich zu ihren TPM Vollgeschwistern einen mit 2 Prozentpunkten deutlich verringerten Innereienanteil, sowie einen geringeren hepatosomalen Index (beides $p < 0,0001$).

Vergleichbar mit den Ergebnissen des ersten Mastdurchgangs konnte aufgrund des niedrigen HSI (%) eine Verfettung der Tiere ausgeschlossen werden. Der gonadosomale Index (GSI, %) der TPM und HPM war in etwa nur halb so hoch wie derjenige der GM und unterschied sich folglich signifikant ($p=0,000028$ für TPM bzw. $p=0,00195$ für HPM). Aus den Zuwachsdaten aller Versuchsgruppen und der gefütterten Gesamtfuttermenge (690 kg TilapiCo Royal, 41% XP) wurde das Protein-Effizienz-Verhältnis errechnet. Dieses gibt die Gewichtszunahme im Verhältnis zur aufgenommenen Proteinmenge an. Insgesamt wurden 690 kg Futter während der Mast verfüttert. Der Biomassezuwachs (Summe aus allen Gruppen während der gesamten Mast), belief sich auf 363 kg. Das Protein-Effizienz-Verhältnis (PEV) wurde entsprechend folgender Formel berechnet:

$$\text{PEV} = \text{Gewichtszuwachs} / \text{Proteinaufnahme}$$

Im Mittel der Versuchsgruppen lag das Verhältnis bei 1,28:1, was somit einer Gewichtszunahme von 1,28 g pro 1 g aufgenommenes Protein entspricht.

Gleichermaßen lässt sich die Futterverwertung berechnen, definiert als aufgenommenes Futter geteilt durch den Zuwachs. Pro kg Zuwachs benötigten die verschiedenen Versuchsgruppen im Mittel 1,9 kg Futtermittel.

Tabelle 3. Mittelwertvergleiche der prozentualen Schlachtkörperparameter am Schlachttag bei genetischen Männchen (GM, XY), temperaturbehandelten phänotypischen Männchen (TPM, XX, XY) und hormonbehandelten Männchen (HPM, XX, XY).

Parameter	GM (XY, n=61)	TPM (XX/XY, n=61)	HPM (XX/XY, n=61)
Nettoschlachtkörper (%)	58,8 ^(a) ± 2,8	60,2 ^(b) ± 3,6	60,2 ^(b) ± 2,4
Innereienanteil (%)	11,4 ^(a) ± 1,8	11,8 ^(a) ± 2,6	9,8 ^(b) ± 1,7
Kopf+Flossen (%)	29,8 ^(a) ± 2,7	28,1 ^(b) ± 3,3	29,9 ^(a) ± 2,8
GSI (%)	0,74 ^(a) ± 0,9	0,30 ^(b) ± 0,2	0,36 ^(b) ± 0,2
HSI (%)	2,74 ^(a) ± 0,5	2,58 ^(a) ± 0,7	2,02 ^(b) ± 0,5

(Tiere mit unterschiedlichen Indices (a, b, c) innerhalb der jeweiligen Zeile unterscheiden sich signifikant voneinander (Tukey-Test $p \leq 0,05$)).

Diskussion der Ergebnisse

In der Studie von MAIR et al. (1995) wurde ein Mastvergleich durchgeführt, bei dem GM mit HPM und gemischtgeschlechtlichen Mastpopulationen (XY/XX) verglichen wurden. Wie erwartet zeigte sich, dass rein männliche Bestände im Vergleich zu gemischtgeschlechtlichen Beständen durchschnittlich höhere Gewichte erzielten. Auch gegenüber den HPM wiesen GM signifikant höhere Gewichte auf. Diese Ergebnisse bestätigten sich auch in Untersuchungen von Müller-Belecke und Hörstgen-Schwark (2007). Genetisch männliche Gruppen (GM) zeigten dabei am 180. Tag ein deutlich höheres und homogeneres Wachstum als ihre gemischtgeschlechtlichen Artgenossen ($\Delta = +12\%$). Hingegen konnten Kamaruzzaman et al. (2009) diese Ergebnisse bei Versuchen mit Netzgehegen in Teichen nicht bestätigen. In den Versuchen dieser Arbeitsgruppe wuchsen Vergleichsgruppen HPM (75% Männchen), GM und gemischtgeschlechtliche Gruppen gleich gut ab. Demnach hat das Geschlechterverhältnis in Abhängigkeit des Produktionssystems einen großen Einfluss auf das Wachstum.

In der vorliegenden Untersuchung wurden zunächst GM (XY) mit TPM (XX) und in einem zweiten Mastdurchgang GM (XY), TPM (XX/XY) und HPM (XX/XY) miteinander verglichen. Die TPM Tilapien zeigten in beiden Versuchsreihen vergleichbare, bei separater Haltung sogar bessere Mastleistungen als GM und HPM. In der zweiten Versuchsreihe könnten aufgrund des „communal testings“ soziale Interaktionen zwischen den Tieren ausschlaggebend für das bessere Abwachsen der GM sein. Allerdings könnten ebenso genetische Unterschiede aufgrund der Tatsache, dass nicht die gleichen Elterntiere genutzt wurden, eine Rolle spielen. Nichtsdestotrotz zeigte sich in der zweiten Versuchsreihe deutlich ein negativer Effekt der Hormonbehandlung auf die Wachstumsleistung. Bei gleicher Genetik und gleicher Umwelt (communal testing) wuchsen TPM signifikant besser und wiesen zudem vergleichbare Schlachtkörperparameter auf (siehe Tabelle 4). Der Nettoschlachtkörper der TPM und HPM Tiere war nahezu identisch, wobei TPM Tiere absolut einen signifikant schwereren NSK aufwiesen ($504,82 \text{ g} \pm 93,22$; $p < 0,05$, siehe Tabelle 2 des Ergebnisteils) als ihre HPM Vollgeschwister. Auch im Hinblick auf den K-Faktor waren die TPM der HPM Gruppe überlegen ($2,27 \text{ g/cm}^3 \pm 0,21$ zu $2,08 \text{ g/cm}^3 \pm 0,15$; Werte Tabelle 2 zu entnehmen).

Tabelle 4. Mittelwertvergleiche der Schlachtparameter Nettoschlachtkörper NSK (%), Kopf- und Flossenanteil (%), Innereienanteil (%) und GSI (%) beider Mastdurchgänge mit Vergleichswerten aus der Literatur (Werte in Klammern), sowie die Differenz der jeweiligen Vergleichsgruppe zu TPM (Δ zu TPM).

	1. Mastdurchgang		2. Mastdurchgang	
	TPM (XX)	GM (XY)	TPM (XX/XY)	HPM (XX/XY)
NSK (%) (59 % \pm 0,23 ^(*1))	61,5 \pm 1,9	59,3 \pm 1,7	60,2 \pm 3,7	60,2 \pm 2,4
Δ zu TPM		-2,25		+0,04
Kopf- und Flossen (%) (32,6 % \pm 0,23 ^(*1))	31,0 \pm 1,9	33,0 \pm 1,4	28,1 \pm 3,3	29,9 \pm 2,8
Δ zu TPM		+2		+1,9
Innereienanteil (%) (8,4 % \pm 0,09 ^(*1))	7,0 \pm 1,2	8,0 \pm 1,1	11,8 \pm 2,6	9,8 \pm 1,7
Δ zu TPM		+1		-1,94
GSI (%) (0,1-3 % ^(*2))	0,4 \pm 0,2	0,4 \pm 0,2	0,3 \pm 0,15	0,4 \pm 0,19
Δ zu TPM		-0,02		+0,06

^(*1) Vergleichsdaten aus PUCKHABER, 1992

^(*2) Vergleichsdaten aus BRÄMICK et al., 1995

Der Schlachtparameter Nettoschlachtkörper (%) war bei den TPM Tieren im Vergleich zu den genetischen Männchen im ersten Mastdurchgang höher.

Es ist daher anzunehmen, dass TPM Tilapien den aufgrund ihrer Wärmebehandlung erzielten Wachstumsvorsprung gegenüber den genetischen Männchen über die gesamte Wachstumsperiode halten, bzw. sogar ausbauen können. Ein Grund dafür könnte im sogenannten „Imprinting“ gesehen werden, d.h. temperaturbehandelte Tiere erfahren aufgrund der Behandlung eine genetische Umprogrammierung (d.h. veränderte Genexpression z.B. durch die Methylierung der DNA) und haben fortan einen veränderten, besseren Wachstumsmetabolismus.

PUCKHABER (1992) führte einen Mastvergleich zwischen diploiden (gemischt-geschlechtlichen) und triploiden Tilapien derselben Herkunft durch. Insgesamt umfasste die Aufzucht mit anschließender Mastphase 360 Tage. Die dort ermittelten Schlachtparameter für

die diploiden Männchen waren vergleichbar mit denen der hier durchgeführten Studie. Bei PUCKHABER (1992) lag der Nettoschlachtkörper im Mittel bei $59\% \pm 0,2$ und der Anteil für Kopf- und Flossen bei $32,6\% \pm 0,2$ (siehe Tabelle 4). Durchschnittlich zeigten die genetischen diploiden männlichen Tilapien in der Studie einen Innereienanteil von $8,4\% \pm 0,09$. Im Vergleich dazu konnten in den durchgeführten vorliegenden Studien mindestens vergleichbare und teilweise sogar bessere Ergebnisse erzielt werden. Der Nettoschlachtkörper der TPM lag bei $61,5\% \pm 1,9$ im ersten und bei $60,2\% \pm 3,6$ im zweiten Mastdurchgang und ist damit in beiden Untersuchungen höher als derjenige in der Studie von PUCKHABER (1992). Auch in Bezug auf den Kopf- und Flossenanteil ($28,1\% \pm 3,3$ zweiter Durchgang) sowie den Innereienanteil ($7\% \pm 1,2$ erster Mastdurchgang) konnten die TPM teilweise bessere und im Vergleich zu PUCKHABER (1992) geringere Werte erzielen. Allerdings wurden die Tiere bei PUCKHABER (1992) mit einem weniger Rohprotein- und Fett haltigen Futter gefüttert (35% XP und 6% XL). Die Gruppe der genetischen Männchen im ersten Mastversuch erreichte vergleichsweise ähnliche, wenn auch tendenziell leicht unter den TPM liegende Leistungen. Die HPM Vergleichsgruppe des zweiten Mastdurchgangs zeigte den höchsten Kopf- und Flossenanteil ($29,9\% \pm 2,8$), dafür aber etwas geringere prozentuale Innereienanteile ($9,81\% \pm 1,7$). In Bezug auf den GSI konnte im ersten Mastversuch kaum ein Unterschied zwischen den beiden Mastgruppen festgestellt werden. Bei beiden Genotypen war der GSI mit $0,44\% \pm 0,2$ (XX-Genotyp) und $0,42\% \pm 0,2$ (XY-Genotyp) vergleichsweise niedrig. Im zweiten Mastdurchgang lag der GSI (%) der TPM und HPM Tiere noch unter den Werten der ersten Versuchsreihe ($0,3\% \pm 0,15$ TPM Tiere und $0,36\% \pm 0,19$ HPM). Der GSI (%) der GM (XY) des zweiten Durchgangs lag deutlich höher mit $0,74\%$. BRÄMICK et al. (1995) stellte bei diploiden und triploiden 285 Tage alten männlichen Tilapien (*Oreochromis niloticus*), die in semi-intensiven Teichen gehalten wurden, einen GSI zwischen $0,1$ - $3,0\%$ fest. Damit lag der in diesen Untersuchungen ermittelte GSI aller Gruppen eher im unteren Bereich. Ein niedriger GSI ist von Vorteil, da durch das verringerte Gonadenwachstum mehr Energie für somatisches Wachstum zur Verfügung steht. So waren in der Studie von BRÄMICK et al. (1995) triploide Weibchen des gleichen Alters mit einem geringen GSI ($< 0,1$) signifikant schwerer als Weibchen mit einem vergleichsweise hohen GSI (> 3). Ähnliches könnte auch auf männliche Mastbestände zutreffen.

In der Literatur gibt es generell sehr wenige Angaben zu Futter- und Proteinverwertung von Fischen mit vermarktungsfähigen Gewichten. Eine Vergleichbarkeit mit anderen Studien ist somit nur schwierig herzustellen. Die errechneten Werte für die Futtermittelverwertung ($1,9$ kg Futter pro 1 kg Zuwachs) und das Protein-Effizienz-Verhältnis (PEV $1,28$ g Zuwachs pro 1 g aufgenommenes Protein) blieben unter den Ergebnissen der Studie von FURUYA et al.,

(2004). FURUYA et al. (2004) untersuchten verschiedene Futtermittel über einen Zeitraum von 85 Tagen. In der Kontrollgruppe (Standardfuttermittel) stellten die Autoren eine Futtermittelverwertung von 1,26 und ein PEV von 2,42 fest. Allerdings wurden die Tiere in der Untersuchung FURUYA et al. (2004) nur 85 Tage bis auf ein Gewicht von knapp 120 g gemästet (im vorliegenden Mastversuch wurde bis auf 750 g in 165 Tagen gemästet). Auch Rhida (2006) stellten bei Tilapien (< 250 g) eine bessere Futtermittelverwertung fest, die je nach Herkunft (GIFT, Selektionslinie, Nicht-Selektiert) Werte zwischen 1,4 und 1,62 zeigte. Da es sich bei einer Wachstumskurve um eine Sättigungskurve handelt, ist anzunehmen, dass bei einer längeren Mast die Futtermittelverwertung abnimmt, und das PEV sich ebenfalls verschlechtern wird.

Die ermittelten Parameter zeigten, dass sich temperaturbehandelte, phänotypisch männliche Tilapien (TPM) verglichen mit GM und HPM für eine Mast unter kommerziellen Bedingungen eignen. Sie besitzen tendenziell höhere Gewichte und einen größeren Nettoschlachtkörper, dies könnte besonders für den auf Filetausbeute ausgerichteten amerikanischen und europäischen Markt eine wichtige Rolle spielen.

Im direkten Vergleich mit HPM Vollgeschwistern zeigten TPM Tiere überwiegend bessere Leistungen (vergleichsweise höher waren: Zuwachs, Stückgewicht, spezifische Wachstumsrate und Nettoschlachtkörper). Bei Vollgeschwistern sind die genetischen Grundvoraussetzungen sehr ähnlich oder vergleichbar, daher kann ein eventueller genetischer Vorteil bei der TPM Gruppe, im Vergleich zu der im zweiten Mastdurchgang eingesetzten HPM Gruppe, ausgeschlossen werden. Die in den entscheidenden Mastparametern erzielten, höheren Leistungen sind vermutlich auf die Temperaturbehandlung und den dadurch gewonnenen Stoffwechselforsprung durch die höhere Wassertemperatur zurück zu führen. Es zeigt sich, dass eine derartige Wärmebehandlung keinerlei negative Auswirkungen auf eine anschließende Mast mit sich bringt. Die vorliegenden Mastvergleiche bestätigen, dass funktionelle Männchen, die mit Hilfe einer Temperaturbehandlung erstellt wurden, mindestens vergleichbare, teilweise sogar bessere Mastleistungen als GM und HPM zeigen.

Weitere Züchtungsarbeit sollte besonders im Hinblick auf die Entwicklung einer temperatursensiblen, aber gleichzeitig auch auf hohe Mastleistung selektierten Linie erfolgen.

Projektrelevante Meilensteine 2-Erbrütungseinheit-Tilapia Breeding Center (TBC)

Neben den Mastversuchen wurde der Prototyp einer Reproduktionseinheit für Tilapien entwickelt. Langfristig soll auf diesem Weg eine Setzlingsproduktion ermöglicht werden, bei der mit Hilfe einer Temperaturbehandlung rein männliche Besatzfische für eine anschließende Mast produziert werden können.

Die entwickelte Erbrütungseinheit orientierte sich an den Reproduktionsbedingungen unter natürlichen Gegebenheiten (Abbildung 6). Männliche Tiere der Spezies *Oreochromis niloticus* bauen Laichmulden, wobei die weiblichen Tiere als Maulbrüter ihre Gelege nach der Reproduktion erbrüten. Im Tiefenwasser finden zunächst das Laichspiel und anschließend die Reproduktion zwischen Männchen und Weibchen statt. Während der Befruchtung nimmt das Weibchen das Gelege in ihr Maul auf und erbrütet es dort anschließend. Der Schlupfzeitpunkt der Larven ist von der Wassertemperatur abhängig (bei 28°C, 4 Tage). Nach Aufbrauchen des Dottersacks schwimmt die Brut in die Flachwasserzone.

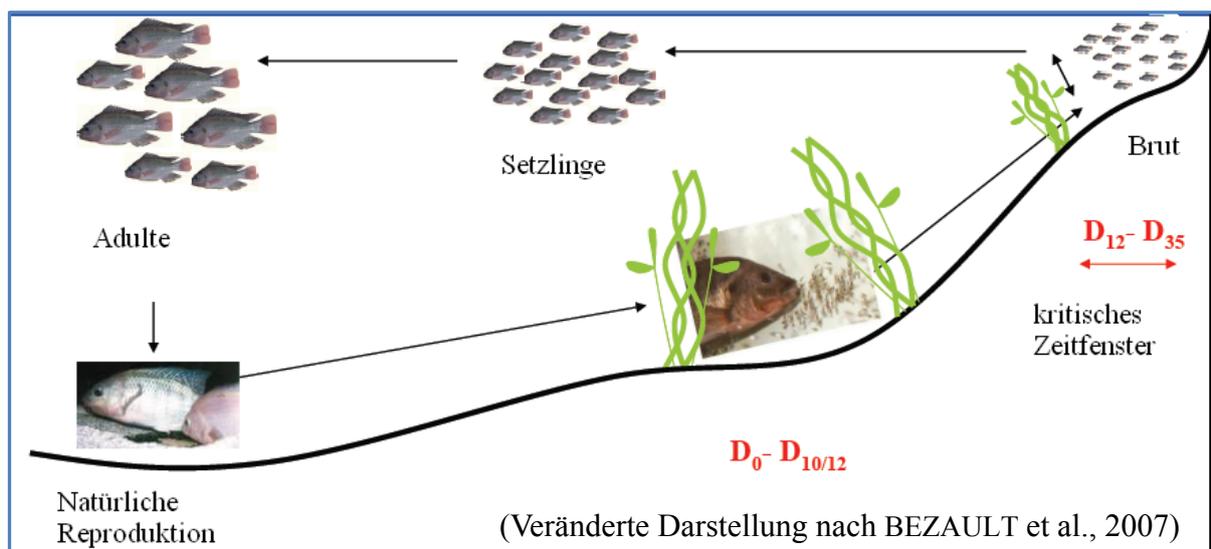


Abbildung 6. Wanderverhalten von Tilapien in tropischen Gewässern (Veränderte Darstellung nach BEZAULT et al., 2007)

Basierend auf dem natürlichen Wanderverhalten von Tilapien wurde das Tilapia Breeding Center konzipiert. Die Einzelboxen für die Männchen befanden sich im tiefsten Bereich des Beckens. Eine Separation der Männchen sollte zum einen Territorialverhalten und Revierkämpfe zwischen den Männchen vermeiden und zum anderen ihnen die Möglichkeit geben, in der Box ihrem normalen Reproduktionsverhalten nachgehen zu können. Im mittleren Teil des Beckens konnten die Weibchen ihr Maulbrutverhalten ausüben, waren gleichzeitig von den männlichen Tieren separiert und dadurch weniger Stress ausgesetzt.

Vergleichbar mit einem natürlichen Gewässer stellte das von der Brutrinne schräg ins Becken ragende Paneel eine ansteigende Flachwasserzone dar. Die Brut sollte auf diesem Weg in die dafür vorhergesehene Rinne geleitet werden. Abbildung 7 zeigt Bilder des TBC. In Abb. 7 a) und 7 b) ist der getestete Prototyp am Tag der Inbetriebnahme wiedergegeben. Die Abb. 7 c) und 7 d) zeigen Modellzeichnungen des TBC.

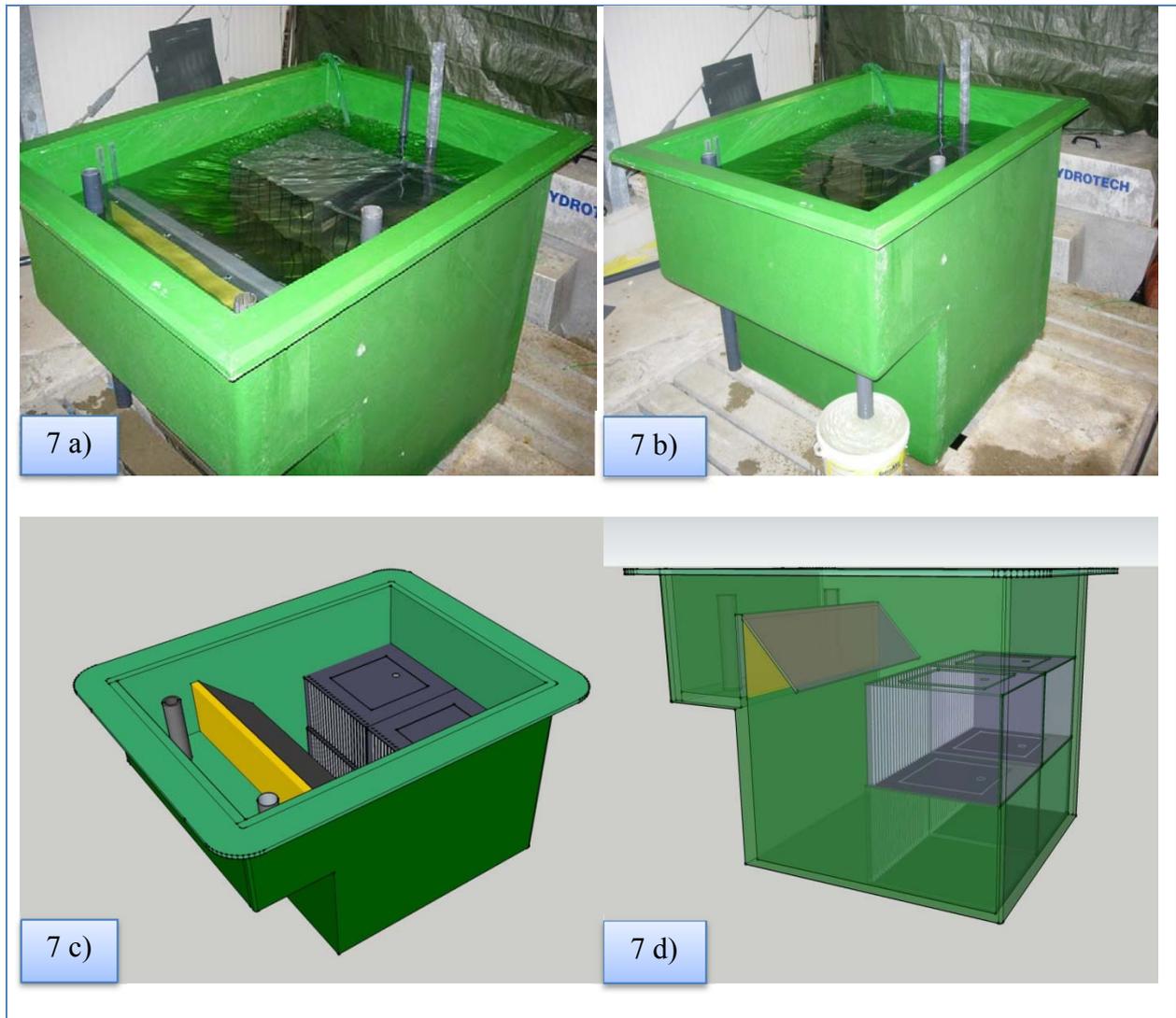


Abbildung 7. Bilder des Tilapia Breeding Center, a) und b) zeigen den Prototyp, c) und d) stellen Modellzeichnungen des TBC dar.

Der Prototyp des TBC enthielt vier Einzelboxen für jeweils ein Männchen und einen „Freiwasserbereich“, in dem sich die Weibchen permanent aufhalten konnten. Ohne Brutrinne betrug das Wasservolumen $0,6156 \text{ m}^3$ ($90 \times 90 \times 76 \text{ cm}$), während die Brutrinne $55,89 \text{ cm}^3$ ($90 \times 27 \times 23 \text{ cm}$) umfasste. Die Einzelboxen für die Männchen hatten die Maße $45 \times 42 \times 31 \text{ cm}$, so dass insgesamt 4 Boxen im TBC platziert werden konnten. An der Vorderseite der Einzelboxen befanden sich verstellbare Stäbe, die so eingestellt wurden, dass die Männchen nicht entweichen, die Weibchen jedoch ungehindert hinein schwimmen konnten. Ein

permanenter Wasser Zu- und Abfluss wurde im TBC installiert. Zur Sauerstoffanreicherung wurden Luftausströmer benutzt.

Material und Methoden

Vorversuche

Im Vorfeld der Entwicklung der Erbrütungseinheit wurden Tests zur Standortpräferenz- und zum Aggressionsverhalten bei Tilapien (*O. niloticus*) durchgeführt. Dazu wurde ein Becken mit den Maßen 125x160x50 cm (1 m³) in sechs gleich große quadratische Abteile unterteilt. Um die Tiere während der Versuche ungestört beobachten zu können, wurde ein Sichtschutz und eine Fotokamera um bzw. über dem Becken fest installiert. Alle fünf Sekunden wurde ein Foto des Beckens mit den darin befindlichen Fischen aufgezeichnet. Im ersten Vorversuch wurden drei Männchen und drei Weibchen wiederholt in der Versuchseinheit über einen Zeitraum von zwei Stunden beobachtet. Dazu wurde abwechselnd ein Männchen oder ein Weibchen in das Becken eingesetzt. Mit Hilfe der Software ImageJ[®] konnten die zurückgelegten Strecken und die Häufigkeit der Aufenthalte pro Quadrant ermittelt werden (siehe Abbildung 8). Weibchen legten im Durchschnitt 228 m ± 101 und Männchen im Vergleich dazu 28 m ± 34 zurück (über einen Zeitraum von zwei Stunden). Die am häufigsten aufgesuchten Quadranten in abnehmender Reihenfolge waren Nr. 6-3-1-4-2-5. Vermutlich zeigen männliche Tiere aufgrund ihres natürlichen Nestbauverhaltens ein anderes Schwimmverhalten als Weibchen.

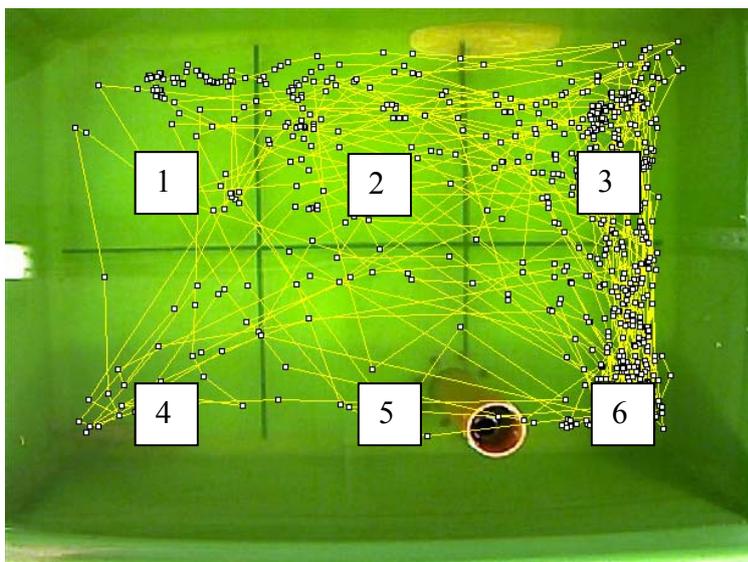


Abbildung 8. Schwimmverhalten einer weiblicher Tilapie, gemessen über einen Beobachtungszeitraum von 2 h (die gelbe Linie zeigt die geschwommene Strecke).

Des Weiteren wurde das Aggressionsverhalten männlicher Tilapien genauer untersucht. Dazu fand das gleiche Becken wie im Vorversuch 1 Verwendung. Auf einer Längsseite des Beckens wurden den Tieren abwechselnd Laichboxen und Röhren als Versteckmöglichkeiten angeboten (siehe Abbildung 9). Vier männliche Tilapien wurden zufällig einer Gruppe von hundert Tieren entnommen und wiederholt für zwei Stunden in das Versuchsbecken gesetzt. Insgesamt wurden zehn Wiederholungen durchgeführt, wobei für jede Wiederholung neue Männchen aus der gleichen Gruppe ($n=100$) verwendet wurden.

Alle Versuchsreihen wurden in Fotosequenzen festgehalten und nachfolgend hinsichtlich der Frequenz des Aufsuchens der Versteckmöglichkeiten mittels ImageJ[®] ausgewertet. In sieben von zehn Wiederholungen zeigten die Männchen eine Präferenz für die Laichboxen. Im Mittel schwammen sie 12 ± 15 -mal in die Box. Das Rohr wurde von vier Gruppen als Versteckmöglichkeit genutzt, durchschnittlich $0,8 \pm 1,2$ -mal entschieden sich die Männchen für diese Variante. Territorial- und Kampfverhalten konnte bei allen Gruppen außerhalb der Versteckmöglichkeiten beobachtet werden. Es lässt sich festhalten, dass die für das TBC konzipierten Laichboxen gut von den Männchen angenommen und als Versteck präferiert wurden.

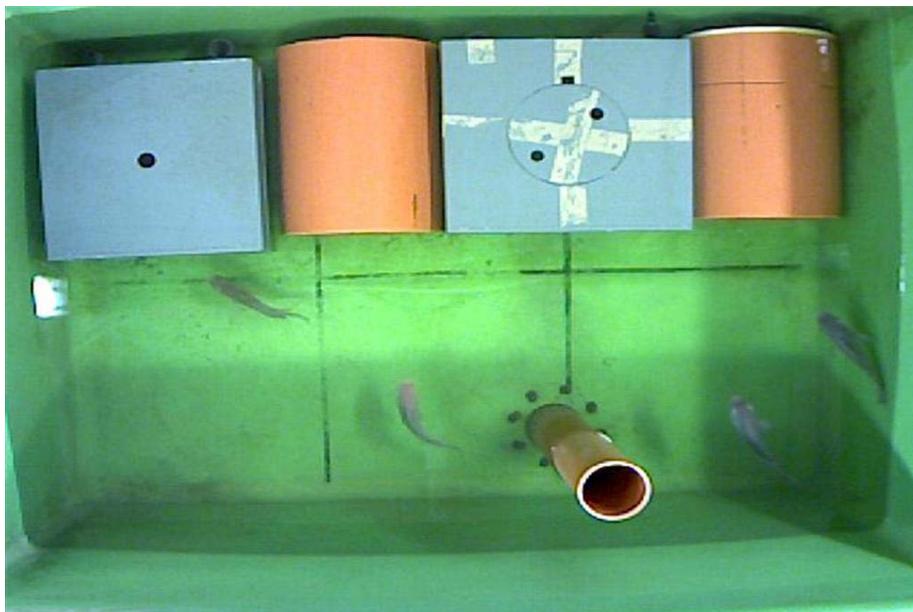


Abbildung 9. Aufsicht auf ein Versuchsbecken mit Laichboxen und Kunststoffröhren im Vorversuch zur Feststellung des Territorial- und Kampfverhaltens männlicher Tilapien.

Hauptversuche

Die nachfolgend beschriebenen Versuche dienten der Feststellung der maximal zu erzeugenden Brütlinge im TBC. Dazu wurden insgesamt 80 Weibchen und 10 Männchen der Spezies *Oreochromis niloticus* genutzt. Vor Versuchsbeginn wurden alle Tiere gewogen und die Größenparameter Gewicht, Länge und Kopfbreite gemessen. Im Mittel waren die Weibchen zu Beginn $243 \text{ g} \pm 70$ schwer, $22,2 \text{ cm} \pm 2,1$ lang und hatten eine Kopfbreite von $3,8 \text{ cm} \pm 0,4$. Anhand der Kopfbreite wurde der Gitterabstand der Laichboxen eingestellt. Die Männchen waren im Mittel $1044 \text{ g} \pm 86$ schwer, $36,9 \text{ cm} \pm 1,5$ lang und hatten eine Kopfbreite von $5,9 \text{ cm} \pm 0,2$. Die Kopfbreite wurde bei Männchen und Weibchen mit Hilfe einer Schublehre an der breitesten Stelle gemessen (kurz vor Ansatz der Rückenflosse). Das Sperma aller Männchen wurde zuvor auf Motilität getestet. Dazu wurde eine Spermaprobe des jeweiligen Männchens unter dem Mikroskop auf die Beweglichkeit der Spermien hin überprüft. Die Weibchen wurden im Vorfeld nach der Methode von DE LAPEYRE (2007) synchronisiert, um möglichst viele laichbereite Weibchen zu erhalten. Dazu wurden die Weibchen bei einem Lichtregime von 6 h Licht- und 18 h Dunkelphase über einen Zeitraum von drei Wochen gehalten. Nach einer Vereinzelung der Weibchen konnte DE LAPEYRE (2007) auf diesem Weg die Reproduktionsleistungen der Weibchen steigern. In der vorliegenden Arbeit wurden die Weibchen nach der Lichtbehandlung direkt in das TBC überführt. Insgesamt wurden 40 Weibchen und zwei Männchen, jeweils in Laichboxen, über einen Zeitraum von zwei Wochen beobachtet. Nach Ablauf des Testzeitraumes wurde jedes Weibchen einzeln der Gruppe entnommen. Sämtliche Eier oder Larven wurden aus der Maulhöhle der Weibchen entfernt. Anschließend wurden die Rogner gewogen und die Eier bzw. Larven gezählt. Sofern die Larven noch nicht geschlüpft waren oder der Dottersack noch nicht aufgebraucht war, wurden die Eier zur weiteren Erbrütung in den Brutschrank verbracht.

Während der Bauphase des TBC wurden alle Reproduktionsversuche in einem großen rechteckigen GFK-Becken (125x160x50 cm) durchgeführt. Später wurde dieses Becken als parallele Kontrolle zum TBC mit gleicher Besatzdichte genutzt. Daher sind die Ergebnisse im Folgenden entsprechend gegliedert:

Phase 1: Reproduktionsversuche in GFK-Becken

Phase 2: Reproduktionsversuche im TBC

Ergebnisse und Diskussion

Phase 1: Reproduktionsversuche in GFK-Becken

In Tabelle 5 sind die Ergebnisse der Reproduktionsversuche vor Inbetriebnahme des TBC dargestellt. Zunächst wurden zwei, im späteren Verlauf der Versuche drei Laichboxen getestet. In jedem Durchgang fand eine Reproduktion der Laichtiere statt (siehe Tabelle 5). Lediglich bei einem Weibchen der zweiten Versuchsreihe befanden sich fressfähige Larven ohne Dottersack in der Maulhöhle. In den anderen Fällen trugen die Weibchen befruchtete Eier im Maul.

Tabelle 5. Reproduktionsleistung von Niltilapien im GFK-Becken. Anzahl der Tiere, Versuchszeitraum und Gesamtanzahl der am Ende erhaltenen Eier und Larven je Testdurchlauf.

Durchgang	Weibchen (n)	Männchen (n)	Getesteter Zeitraum (Tage)	Eier (n)	Larven (n)
1	40	2	14	475 ^(*)	-
2 ^(*)	40	2	14	494	164
3	40	2	14	1025	-
4	40	2	14	721	-
5 ^(*)	40	3	14	88	-

(*) Errechnete Werte (nach DE LAPEYRE, 2007)

(*) Kontrolle zu Männchen in Box, Männchen schwimmen frei

(*) Dritte Box verfügbar

In Tabelle 6 werden Parameter des Reproduktionserfolges wiedergegeben. Pro Durchgang laichten durchschnittlich 6% der Weibchen ab. Im Mittel konnten 285 Eier bzw. in einem Fall Larven von Rognern gewonnen werden. Die relative Fekundität über alle Versuchsreihen lag im Durchschnitt bei 1,28 Eiern pro Gramm Körpergewicht. Dabei waren die entsprechenden Rogner im Mittel 223 g \pm 61 schwer. In allen Tests, die im Vorfeld zum TBC durchgeführt wurden, fand eine Reproduktion zwischen den frei schwimmenden Weibchen und den Männchen in den Laichboxen statt. Bis auf die Eier eines Geleges (Durchgang 3) waren alle aus den Maulhöhlen der Rogner entnommenen Eier befruchtet.

Tabelle 6. Gewicht der Weibchen, Anzahl der aus dem Maul entnommenen Eier oder Larven sowie die Anzahl der in die Anfütterung überführten Larven.

Durchgang	Gewicht Weibchen (g)	Eier (n)	Larven (n)	In Anfütterung überführt
1	126	186 ^(*1)	-	116
1	232	157 ^(*1)	-	5
1	214	281 ^(*1)	-	175
2	147	-	164	102
2	218	253	-	172
2	198	241	-	42
3	329	301	-	113
3	322	742	-(^{*2})	-
4	173	250	-	204
4	243	471	-	438
5	245	88	-	50

(^{*1}) Errechnete Werte (nach DE LAPEYRE, 2007); (^{*2}) Gelege abgestorben)

Phase 2: Reproduktionsversuche im TBC

Alle weiteren Versuche wurden im TBC durchgeführt. Dieses wurde wie in den vorigen Versuchen wiederholt mit 40 Weibchen und vier Männchen in Einzelboxen besetzt. Nach jeweils zwei bzw. drei Wochen wurden die Weibchen dem TBC entnommen und jegliche Brut bzw. Eier gesammelt. Die entsprechenden Ergebnisse dieser Versuche sind in Tabelle 7 und 8 dargestellt. Ebenso wie in dem zuvor genutzten GFK-Becken konnten auch im TBC bei jedem Durchgang erfolgreiche Laichereignisse mit befruchteten Eiern festgestellt werden. Nach dem ersten Durchgang wurde der Versuchszeitraum von zwei auf drei Wochen ausgedehnt, um der Brut ausreichend Zeit zu geben in die für die Temperaturbehandlung vorgesehene Rinne zu schwimmen. Weibliche Tiere mit Maulbrut wogen im Mittel $340 \text{ g} \pm 73$. Die relative Fekundität betrug $1,8 \pm 1$ pro g Körpergewicht (Anzahl Eier pro g Körpergewicht). Allerdings konnten in zwei Durchgängen keine Laichereignisse festgestellt werden.

Tabelle 7. Reproduktionsleistung von Niltilapien im Tilapia Breeding Center, bei einer Besatzdichte von 21,8 kg/m³ für die Rogner und 5,7 kg/m³ für die Milchner.

Durchgang	Weibchen (n)	Männchen (n)	Getesteter Zeitraum (Tage)	Eier (n)	Larven (n)
1	40	4	14	1147	-(^{*1})
2	40	4	21	-	173
3	40	4	21	524	270
4	40	4	21	209	57
5 ^(*2)	54	6	21	-	293

(^{*1}) Gelege abgestorben

(^{*2}) Kontrolle zum TBC mit gleicher Besatzdichte (umgerechnet pro m³)

Tabelle 8. Anzahl der Eier und Larven je Weibchen sowie Anzahlen der im Anschluss in die Anfütterung überführten Brut. Anzahl der sich im TBC befindlichen Larven getrennt nach Larven aus der Brutrinne und nach frei schwimmender Brut.

Durchgang	Weibchen Gewicht (g)	Eier (n)	Larven (n)	In Anfütterung überführt	Larven Becken (n)	Larven Brutrinne (n)
1	369	1174	-(^{*1})	-	-	-
2	-	-	-	-	154	19
3	412	524	-	465	231	39
4	240	209	-	122	36	21
5 ^(*2)	293		293	293	-	-

(^{*1}) Gelege abgestorben

(^{*2}) Kontrolle zum TBC mit gleicher Besatzdichte (umgerechnet pro m³)

Die vorliegenden Reproduktionsversuche bestätigen die Möglichkeit einer räumlichen Trennung zwischen männlichen und weiblichen Tilapien sowie eine Unterteilung des Beckens in verschiedene Funktionsbereiche. Es zeigt sich, dass die Weibchen die Laichboxen der Männchen für die Reproduktion annehmen. Männliche Tiere können in der Box ihr normales Verhalten ausüben und stehen nicht unter dem Stress, mit Artgenossen Rankämpfe auszuführen oder ihr Territorium verteidigen zu müssen (siehe Abbildung 10). Das in dieser Abbildung in der transparenten Box zu erkennende Männchen zeigt sich in seiner Laichfärbung. Dominante und laichbereite Männchen färben sich leicht rot.

Die mit dem TBC erzielten Ergebnisse müssen für eine effiziente Setzlingsproduktion noch optimiert werden. Es hat sich gezeigt, dass das Prinzip des Beckens als solches gut

funktioniert, allerdings müssen die Reproduktionsleistungen der Weibchen noch verbessert werden. DE LAPEYRE (2007) erhielt in seinen Reproduktionsversuchen durchschnittlich 1,3-3,7 Eier pro g Körpergewicht bei weiblichen Tieren.



Abbildung 10. Aufsicht auf das mit vier Männchen in Laichboxen und 40 frei schwimmenden Weibchen besetzte Tilapia Breeding Center (bei dem linksseitig abgetrennten Bereich handelt es sich um die Brutabfischrinne).

Mit dem TBC konnten im Mittel $1,8 \pm 1$ Eier pro g Körpergewicht erzielt werden. Ein höherer Proteingehalt im Futtermittel könnte die Eisyntese möglicherweise steigern. In den Untersuchungen von PUCKHABER (1992) wurde eine Fütterung mit einem hoch proteinhaltigen Futtermittel (XP 50%) verwendet, um die Laichereignisse zu erhöhen. Ähnliches wäre auch phasenweise im TBC denkbar. Weitere Verbesserungen und Feinarbeiten müssen noch im Hinblick auf die Optimierung der Brutabfischrinne geschehen. Nicht alle Larven fanden den Weg in die dafür vorhergesehene Rinne. Daher wurde zum Beispiel versucht die Brut mit Hilfe einer höheren Temperatur in die für sie vorgesehene Rinne zu locken. Dazu wurden zeitweise zwei Heizstäbe in die Rinne integriert. Darüber hinaus sind das Anbieten einer Vegetation in der Rinne oder ein Anlocken der Brut durch eine Lichtquelle denkbar. Aufgrund der Kürze der Zeit konnten diese Tests jedoch nicht durchgeführt werden.

Fazit

Eine effiziente Setzlingsproduktion im Tilapia Breeding Centre ist derzeit noch nicht gegeben. Es hat sich gezeigt, dass das Prinzip des Tilapia Breeding Centres als solches gut funktioniert, allerdings müssen die Verfahren zur Steigerung der Reproduktionsleistungen der Rogner weiter optimiert werden.

Öffentlichkeitsarbeit

Eine Präsentation des Projekts „Hormonfreie Tilapiaproduktion sichert nachhaltige Fischproduktion in Deutschland“ erfolgte auf dem DBU-Workshop am 8. und 9. Juli im ZUK der DBU. Des Weiteren erhielt das Projekt die Möglichkeit vom Ministerium für Wissenschaft und Kultur des Landes Niedersachsen auf dem Niedersächsischen Gemeinschaftsstand im Rahmen der Hannover Messe 2012 (23.04.-27.04.) präsentiert zu werden. Anhand des Funktionsmodells des TBC konnte den Besuchern die Funktion und Notwendigkeit der Entwicklung einer solchen Erbrütungseinheit näher gebracht werden. Das Interesse an der Thematik war von allen Seiten groß. Fachbesucher aus den Bereichen Wirtschaft und Industrie, aber auch seitens der Politik zeigten großes Interesse an dem Projekt und der dahinter stehenden Thematik. Im Rahmen der einwöchigen Messe besuchten neben Herrn Staatssekretär Dr. J. Lange, Herr Botschafter Nakane aus Japan und weitere zahlreiche Delegationen und Interessierte unseren Stand. Gute Gespräche ergaben sich zudem mit Besuchern aus der Industrie, die großes Interesse an der Nutzung von Abwärme in der Aquakultur zeigten. Sie interessierten sich besonders für die Nutzung des TBC und Tilapien als Aquakulturkandidaten für Warmwasserkreislaufanlagen. Auch die Medien zeigten ein reges Interesse an der Thematik (Innovatives Niedersachsen, Deutschland Radio, NDR und Göttinger Tageblatt). Interessierte Besucher begrüßten die Temperaturbehandlung als Alternative zur Geschlechtsumkehr durch Hormone und lehnten in vielen Diskussionen den Einsatz von Hormonen ab. Die Messe war somit für die Entwicklung des TBC und die Verbreitung von Tilapien als Aquakulturkandidaten ein voller Erfolg.

Besonderer Dank gilt an dieser Stelle dem Ministerium für Wissenschaft und Kultur des Landes Niedersachsen, das die Teilnahme an der Hannover Messe 2012 durch die Auswahl des Projektes ermöglicht hat.

Großer Dank gilt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt die das Forschungsvorhaben finanziell gefördert und dadurch ermöglicht hat.

Auf den folgenden Seiten finden sich Impressionen, sowie Pressemeldungen und Infomaterialien zur Hannover Messe 2012:

Artikel Innovatives Niedersachsen:

<http://www.innovatives.niedersachsen.de/DE/Nachrichten/Meldung/niedersachsen-auf-der-hannover-messe-ohne-hormone-tilapien-als-speisefisch-zuechten/2089>

Alles rund um die Hannover Messe

Einzelseite Standbroschüre: <https://www.uni-goettingen.de/de/353008.html>

<http://www.hannovermesse.de/produkt/tilapia-breeding-center/306986/A768750>

<http://www.hannovermesse.de/de/ueber-die-messe/themen-und-trends/hannover-messe-neuheiten/2012/kw-17>

Notiz aus dem Göttinger Tageblatt:

<http://www.lnp-northeim.de/daten/2/Goettinger%20Tageblatt%2026.04.2012.pdf>

Impressionen der Hannover Messe 20



Frau Mruck und Frau Jostmeier am Stand der Universität Göttingen auf der Hannover-Messe.



Herr Staatssekretär Dr. Lange informiert sich über das TBC.



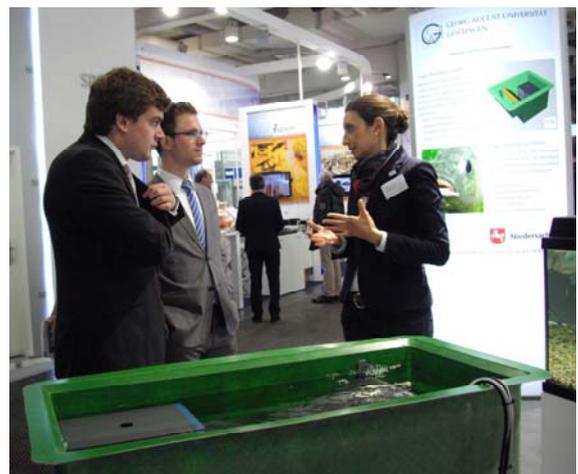
Im Gespräch mit interessierten Besuchern



„Heinz“ Männliche Tilapia.



Frau Mruck im Gespräch mit Herrn Staatssekretär Dr. Lange



Interessierte Unternehmer lassen sich das TBC erklären.

Literaturverzeichnis

- BAROILLER, J.-F., D’COTTA, H., BEZAULT, E., WESSELS, S., HÖRSTGEN-SCHWARK, G., (2009): Tilapia sex determination: Where temperature and genetics meet. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A* 153, 30-38.
- BEZAULT, E., CLOTA, F., DERIVAZ, M., CHEVASSUS, B., BAROILLER, J.F., (2007): Sex determination and temperature-induced sex differentiation in three natural populations of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) adapted to extreme temperature conditions. *Aquaculture* 272, 3–16.
- BRÄMICK, U. (1995): Feldprüfung triploider Tilapien (*Oreochromis niloticus*) untertropischen Standortbedingungen. Dissertation, Universität Göttingen.
- DE LAPEYRE, B. A., (2007): Control of reproduction in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by manipulation of environmental factors. Dissertation, Universität Göttingen.
- DRUMMOND, C.D., MURGAS, L.D.S., VICENTINI, B. (2009): Growth and survival of tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) submitted to different temperatures during the process of sex reversal. *Ciência e Agrotecnologia* Volume 33, No. 3, 895-902.
- EZAZ, M.T., MYERS, J.M., POWELL, S.F., MCANDREW, B.J., PENMAN, D.J. (2004): Sex ratios in the progeny of androgenetic and gynogenetic YY male Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L.. *Aquaculture* 232, 204-214.
- FURUYA, M.W., PEZZATO, L.E., BARROS, M.M., PEZZATO, A.C., FURUYA, V.R.B., MIRANDA, E.C. (2004): Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture Research*, 35, 1110-1116.
- KAMARUZZAMA, N., NGUYEN, N.H., HAMZAH, A., PONZONI, R.W. (2009) Growth performance of mixed sex, hormonally sex reversed and progeny of YY male tilapia of the GIFT strain, *Oreochromis niloticus*. *Aquacult. Res.* 40, 720–728.
- MAIR, G.C., ABUCAY, J.S., BEARDMORE, J.A., SKIBINSKY, D.O.F. (1995): Growth performance trials of genetically male tilapia (GMT) derived from YY-males in *Oreochromis niloticus* L.: On station comparisons with mixed sex and sex reversed male populations. *Aquaculture* 137, 313-322.

- PHELPS, R.P. UND POPMA, T.J. (2000): Sex reversal of tilapia. In: B.A. Costa-Pierce and J.E. Rakocy, (eds). Tilapia Aquaculture in the Americas, Volume 2. The World Aquaculture Society, 34-59.
- PUCKHABER, B. (1992): Untersuchungen zur Produktivitätssteigerung bei Afrikanischen Buntbarschen, Dissertation, Universität Göttingen.
- RIHDA, M.T. 2006. Comparative study of growth performance of three strains of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, L. at two stocking densities. Aquaculture Research 37, 172-179.
- TESSEMA, M., MÜLLER-BELECKE, A., HÖRSTGEN-SCHWARK, G. (2006): Effect of rearing temperatures on the sex ratios of *Oreochromis niloticus* populations. Aquaculture 258, 270-277.
- WESSELS, S., HÖRSTGEN-SCHWARK, G. (2007): Selection experiments to increase the proportion of males in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by means of temperature treatment. Aquaculture 272, 80-87.
- WESSELS, S., HÖRSTGEN-SCHWARK, G. (2011). Temperature dependent sex ratios in selected lines and crosses with a YY-male in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture 318, 79-84.

Internetquellen:

FAO FishstatJ <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>, aufgerufen am 11.06.2012 um 14.30 Uhr.