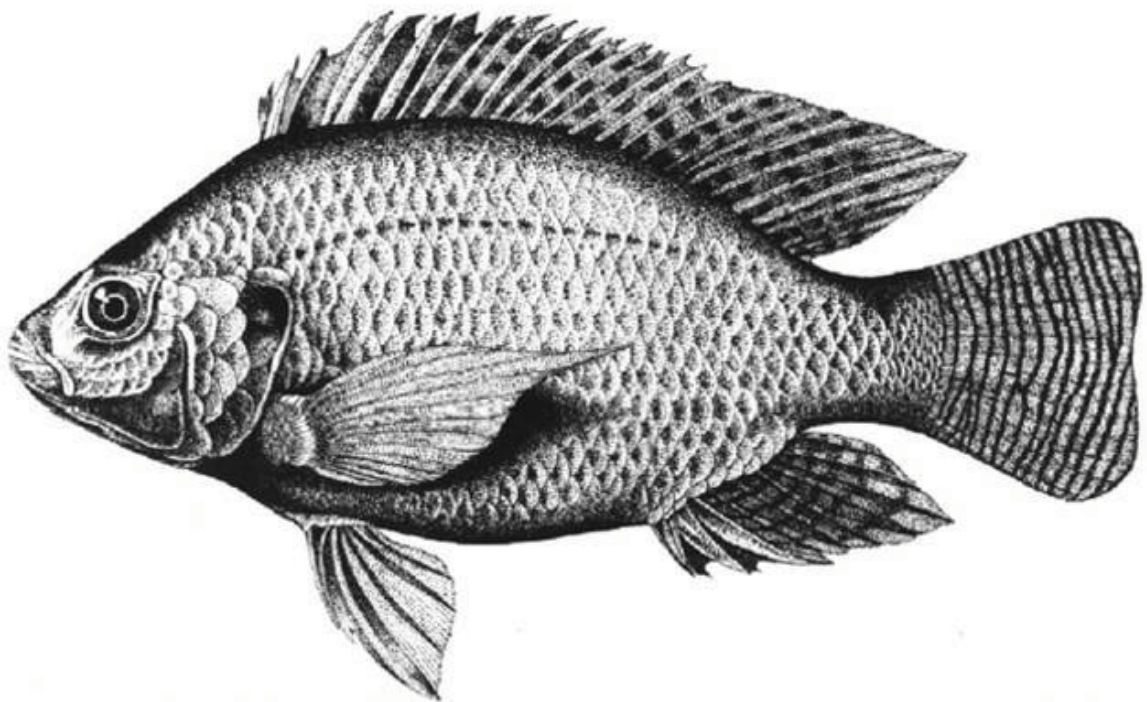


Andreas Stamer

**Laichzeitsteuerung bei *Oreochromis niloticus*
(Pisces; Cichlidae)**

**Untersuchungen zur Synchronisation von
Laichfischbeständen in Kreislaufanlagen**



Cuvillier Verlag Göttingen

Titelbild entnommen aus:
TREWAWAS, E., 1983

Aus dem Institut für Tierzucht und Haustiergenetik
der Georg-August-Universität Göttingen

Laichzeitsteuerung bei *Oreochromis niloticus*
(Pisces; Cichlidae)

Untersuchungen zur Synchronisation von
Laichfischbeständen in Kreislaufanlagen

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der
Fakultät für Agrarwissenschaften der
Georg-August-Universität Göttingen

vorgelegt von
Andreas Stamer,
geboren in Pforzheim

Göttingen, Mai 2001

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Stamer, Andreas:

Laichzeitsteuerung bei *Oreochromis niloticus* (Pisces; Cichlidae) :
Untersuchungen zur Synchronisation von Laichfischbeständen in
Kreislaufanlagen / vorgelegt von Andreas Stamer. -

1. Aufl. - Göttingen : Cuvillier, 2001
Zugl.: Göttingen, Univ., Diss., 2001
ISBN 3-89873-514-1

D7

1. Referent: Prof. Dr. Gabriele Hörstgen-Schwark

2. Referent: Prof. Dr. Udo ter Meulen

Tag der mündlichen Prüfung: 25.7.2001

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2002
Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen
Telefon: 0551-54724-0
Telefax: 0551-54724-21
www.cuvillier.de

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung
des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile
daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie)
zu vervielfältigen.

1. Auflage, 2001

Gedruckt auf säurefreiem Papier

ISBN 3-89873-514-1

Für Eva

Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt zu allererst Frau Professor Hörstgen-Schwark für die Betreuung und Begleitung während der gesamten Arbeit. Ohne ihre Offenheit und Geduld, ihre ständige Bereitschaft zur Diskussion und ohne ihre Erfahrung, wäre die Arbeit nicht in dieser Form zustande gekommen.

Ein ständiger Rückhalt waren meine Kollegen der Arbeitsgruppe Aquakultur, die immer mit Ratschlägen, Tips und tatkräftiger Unterstützung für mich da waren, wenn ich sie gebraucht habe. Birgit Reinelt wird mir immer in dankbarer Erinnerung bleiben – nicht nur wegen ihrer Mitarbeit, sondern auch wegen ihres rabenschwarzen Humors. Lilly Huang, Misikire Tessema und Stephan Hüsgen, meine Mitstreiter um Diplom- und Doktorwürden, waren mir immer eine grosse Hilfe, wenn ich technische, praktische oder moralische Unterstützung nötig hatte. Dr. Andreas Müller-Belecke gilt mein besonderer Dank für seine stetige Bereitwilligkeit an seinem enormen Fundus an Fachwissen teilhaben zu können. Er war in allen Bereichen eine unschätzbare Hilfe.

Allen Angehörigen des Instituts für Tierzucht und Haustiergenetik, Laborrunden, Doktoranden, Techniker, Tierpfleger, Verwaltungsmitarbeiter und Auszubildenden, die in irgendeiner Weise in meine Arbeit involviert waren – und das waren fast alle – möchte ich ganz herzlich danken, ganz besonders sei an dieser Stelle Herr Burchard Möllers, der Elektro-Lurch (Netzwerk- und Softwaremanager) des Instituts erwähnt.

Mein ganz besonderer, wärmster Dank gilt meinen Freunden Anne und Jens, die mich während einer extrem schwierigen Phase ermutigt und wieder aufgerichtet haben.

Last not least möchte ich ganz herzlich meiner Familie in Pforzheim danken, die mich – obgleich aus der Ferne – stets liebevoll und unterstützend während meiner Göttinger Zeit begleitet hat.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Inhaltsverzeichnis	i
Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen	iv
Verzeichnis der verwendeten Fischnamen	v
1. Einleitung	1
2. Literaturübersicht	3
2.1 Physiologie der Fortpflanzung bei Tilapien	3
2.1.1 Gametogenese	3
2.1.2 Endokrine Kontrolle	5
2.1.2.1 Gonadotropine	5
2.1.2.2 Gonadotropin-Releasing Hormon	6
2.1.3 Weitere Faktoren und Hormone	7
2.2 Biologie am natürlichen Standort	10
2.2.1 Evolution und geographische Herkunft von <i>Oreochromis niloticus</i>	10
2.2.2 Biologie der Fortpflanzung	14
2.2.3 Biotische und abiotische Einflüsse auf das Fortpflanzungsverhalten	18
2.3 <i>Oreochromis niloticus</i> in der Aquakultur	24
2.3.1 Extensive und intensive Süßwasserkultur	25
2.3.2 Seewasserkultur	29
2.3.3 Synchronisierung in Theorie und Praxis	32

3.	Eigene Untersuchungen	39
3.1	Zielsetzung	39
3.2	Material und Methoden	40
3.2.1	Versuchstiere	40
3.2.2	Apparative Ausstattung und Versuchsumfeld	41
3.2.2.1	Apparative Ausstattung	41
3.2.2.2	Versuchskreisläufe	42
3.2.3	Arbeitskonzept	45
3.2.3.1	Wasseranalytik	45
3.2.3.2	Fischhandling	46
3.2.3.3	Feststellung der Laichreife und Gewinnung der Gonadenprodukte	47
3.2.3.4	Befruchtung und Erbrütung	48
3.2.3.5	Bestimmung der Eiqualität: Befruchtungs-, Schwimm- und Schlupfrate	48
3.2.4	Synchronisierung der Ovulation	49
3.2.4.1	Untersuchungen zum Einfluss der Wasserhärte	49
3.2.4.2	Untersuchungen zum Einfluss der Temperatur	51
3.2.4.3	Untersuchungen zum Einfluss der Salinität	52
3.2.4.4	Untersuchungen zum Einfluss des pH-Wertes	54
3.2.4.5	Datenanalyse und Berechnung der Synchronisationsraten	55
3.3	Ergebnisse	57
3.3.1	Versuche zum Einfluss der Wasserhärte	57
3.3.1.1	Synchronisationsraten	57
3.3.1.2	Fekundität und Eiqualität	60
3.3.2	Versuche zum Einfluss der Wassertemperatur	63
3.3.2.1	Synchronisationsraten	63
3.3.2.2	Fekundität und Eiqualität	64
3.3.3	Versuche zum Einfluss der Salinität	65
3.3.3.1	Synchronisationsraten	66
3.3.3.2	Fekundität und Eiqualität	71
3.3.4	Versuche zum pH-Einfluss	77

4.	Diskussion	78
5.	Zusammenfassung	91
6.	Summery	93
7.	Literaturverzeichnis	95
8.	Abbildungsverzeichnis	110
9.	Tabellenverzeichnis	111
10.	Anhang	113

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen und Fachbegriffe

Abundanz	Anzahl von Individuen pro Volumen- oder Flächeneinheit
Bbs	Bombesin
CaCO ₃	Kalziumkarbonat
CCK	Cholecystikinin
DA	Dopamin
euryhalin	wechselnde Salzkonzentrationen tolerierend
FAO	Food and Agriculture Organisation
FSH	Follikel-stimulierendes Hormon
GABA	γ-Aminobuttersäure
Gal	Galanin
GFK	Glasfaserkunststoff
GnRH	Gonadotropin-Releasing Hormon
GTH I	gonadotrophes Hormon I (= FSH)
GTH II	gonadotrophes Hormon II (= LH)
H ₂ S	Schwefelwasserstoff
in vitro	am Präparat
LH	Luteinisierendes Hormon
macrophag	grosse Nahrungspartikel bevorzugend
microphag	kleine Nahrungspartikel bevorzugend
MW	Mittelwert
NE	Norepinephrin
NH ₃	Ammoniak
NH ₄	Ammonium
NPY	Neuropeptid Y
Pelagial	Freiwasserzone
POA	präoptischer Hypothalamus
ppm	parts per million
PSU	Practical Salinity Units (= ‰ Salzgehalt)
rheophil	strömungsliebend
Ser	Serotonin
s	Standardabweichung
S ₃ , S ₇	Synchronisationsraten nach 3 und 7 Versuchstagen
stunting	Wachstumseinstellung eines Bestandes aufgrund Nahrungskonkurrenz durch unkontrollierte Vermehrung, auch Verbuttung genannt
Teleostei	höhere Knochenfische
VT	ventral teleencephalischer Hypothalamus

Verzeichnis der verwendeten Fischnamen

Tilapia	<i>Oreochromis alcalicus</i> <i>Oreochromis aureus</i> <i>Oreochromis esculentus</i> <i>Oreochromis honorum</i> <i>Oreochromis hunteri</i> <i>Oreochromis leucostictus</i> <i>Oreochromis mossambicus</i> <i>Oreochromis niloticus</i> <i>Oreochromis placidus</i> <i>Oreochromis variabilis</i> <i>Sarotherodon amphimelas</i> <i>Sarotherodon galilaeus</i> <i>Sarotherodon macrochir</i> <i>Sarotherodon melanotheron</i> <i>Sarotherodon placidus</i> <i>Tilapia guinensis</i> <i>Tilapia macrocephala</i> <i>Tilapia mariae</i> <i>Tilapia rendalli</i> <i>Tilapia sparrmanii</i> <i>Tilapia tholloni</i> <i>Tilapia zilli</i>
Afrikanischer Wels	<i>Clarias garipinus</i>
Bachforelle	<i>Salmo gairdneri</i>
Bighead-Karpfen	<i>Aristichtys nobilis</i>
Elritze	<i>Poxinus phoxinus</i>
Goldfisch	<i>Carassius auratus</i>
Graskarpfen	<i>Ctenopharyngodon idella</i>
Guppy	<i>Poecilia reticulata</i>
Hecht	<i>Esox lucius</i>
Indischer Wels	<i>Heteropneustes fossilis</i>
Karpfen	<i>Cyprinus carpio</i>
Ketalachs	<i>Oncorhynchus keta</i>
Kilifisch	<i>Fundulus heteroclitus</i>
Kirsch-Lachs	<i>Oncorhynchus masu</i>
Kisutch, Silberlachs	<i>Oncorhynchus kisutch</i>
Milchfisch	<i>Chanos chanos</i>
Meeräsche	<i>Mugil cephalus</i>
Neontetra	<i>Paracheirodon innensi</i>
Platy	<i>Xiphophorus variatus</i>
Regenbogencichlide	<i>Heterotilapia multispinosa</i>
Saibling	<i>Salvelinus spec.</i>
Silberkarpfen	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>
Streifenbuntbarsch	<i>Aequidens portalegrensis</i>
Zebrabärbling	<i>Brachydanio rerio</i>

1. Einleitung

In ihrem Laichverhalten synchronisierte Laichfischpopulationen sind in der Intensiv-Fischzucht wichtige Voraussetzung für eine wirtschaftliche Produktion vieler ökonomisch bedeutsamer Fischarten. Bei verschiedenen Salmoniden- und Cyprinidenarten kann die photoperiodische und/oder temperaturgesteuerte, saisonal-synchronisierte Fortpflanzungsbereitschaft genutzt werden, um Keimzellen und Brütlinge im Grossmasstab zu einem vorhersehbaren oder vorbestimmten Zeitpunkt zu produzieren. Licht- und Temperaturprogramme sind ausserdem wichtige Management-Instrumente, wenn Brütlinge ausserhalb der natürlichen saisonalen Zeiten erstellt werden sollen.

Tilapien, die mit vier verschiedenen Gattungen zu den Buntbarschen (*Cichlidae*) gezählt werden, haben seit ihrem ersten Transfer durch den Menschen 1939 eine weltweite Verbreitung erfahren, und werden heutzutage in ca. 100 verschiedenen Ländern kommerziell erzeugt. (FITZSIMMONS, 2000). Dazu haben die niedrigen Haltungsansprüche, die Robustheit gegenüber minderer Wasserqualität und Krankheiten, die Tolerierung eines grossen Spektrums an Umweltbedingungen, sowie ihre Fähigkeit beispielsweise Abfallprodukte aus der agrarischen Produktion in hochwertiges Protein umzuwandeln, beigetragen. Bei Vertretern der Gattung *Oreochromis*, die bezüglich der Produktionszahlen mittlerweile weltweit in der Rangliste der in Kultur genommenen Speisefische den dritten Platz hinter Lachs und Karpfen einnehmen (FAO, 1999), konnte bisher nicht mit synchronisierten Laichfischbeständen gearbeitet werden.

Im Unterschied zu einigen Salmoniden der gemässigten Breiten verläuft der Zyklus der *Oreochromis*-Spezies nicht circaannual, sondern asaisonal und sehr viel schneller - bei der wirtschaftlich wichtigsten Tilapien-Art *Oreochromis niloticus* innerhalb von 21 bis 25 Tagen bei entsprechenden Umweltbedingungen. Diese kurze Zykluszeit trägt mit zu dem Umstand bei, dass Synchronisationsbemühungen mittels Hypophysierung kein Erfolg beschieden war (ROTHBART und PRUGININ, 1975; SRISAKULTIEW und WEE, 1988). Der kurze, saisonunabhängige Zyklus stellt andererseits in der extensiven wie in der intensiven *O. niloticus*-Kultur bei tropischen

Wassertemperaturen die ganzjährige Versorgung mit Brütlings sicher. Allerdings ist zur Brütlingsgewinnung bis heute ein großer Arbeits- und Beobachtungsaufwand nötig, und es ist nicht möglich, bei einem kleinen Laichfischbestand zeitlich genau terminierte Grossmengen an Eiern oder Brütlings bzw. Setzlingen zur Verfügung zu haben. Genau dies kann jedoch sowohl im intensiven Mastbetrieb als auch in der Forschung dringend notwendig sein. Ein synchronisierter Laichfischbestand, bei dem alle Fische innerhalb eines (vorbestimmbaren) Tages streifbar sind, garantiert die Versorgung mit grossen Eimengen, die beispielsweise für die weitere Behandlung zur Erstellung von triploiden oder isogenen Tieren benötigt werden. Ein synchronisierter Laichfischbestand erleichtert weiterhin die Durchführung jeglicher Züchtungsarbeit mit Tilapien.

Ausgehend von früheren Beobachtungen und Studien (FINEMAN-KALIO, 1988; SRISAKULTIEW und WEE, 1988; PUCKHABER, 1992) war es das Ziel der vorliegenden Arbeit, natürliche Synchronisationsinstrumente in Form von veränderbaren Wasserparametern zu finden, um darauf aufbauend richtungsweisende Ansätze zur Synchronisation weiblicher Laichfischbestände zu entwickeln.

2. Literaturübersicht

2.1 Physiologie der Fortpflanzung bei Tilapien

2.1.1 Gametogenese

Die Oogenese weiblicher Tilapien verläuft prinzipiell wie die der anderen höheren Knochenfische (Teleostei) (JALABERT und ZOHAR, 1982; NAGAHAMA, 1983). Die Dauer der Laichsaison ist bei *Oreochromis niloticus* im natürlichen, grossen Verbreitungsgebiet [von Ägypten und Israel bis zum südlichen Ende des Rift-Valeys, sowie von den äthiopischen Seen bis zum Senegal, einschliesslich des Niger- und Tschadbasins (TREWAWAS, 1983; PHILIPPART und RUWET, 1982)] an den Breitengrad gekoppelt: Im nördlichen Verbreitungsgebiet ist sie jahreszeitlich-temperatur-abhängig, am tropischen, äquatorialen Standort nahezu kontinuierlich ganzjährig (LOWE-McCONNEL, 1958).

Zu Beginn der Oogenese (primäre Wachstumsphase) erfolgt die Transformation einiger Oogonien zu primären Oozyten. In ihrer Nachbarschaft befinden sich potentielle Nährzellen, aus denen das Follikelepithel hervorgeht, sobald die Transformation erfolgt ist. Die Oozyten erster Ordnung bilden dann mit dem umgebenden Epithel die Follikel. In diesem Stadium, einhergehend mit der endogenen Vitellogenese, beginnt bereits die Reduktionsteilung, welche im Stadium der ersten meiotischen Prophase angehalten wird. Mit dem Erscheinen intrazellulärer Dottervesikel, die von den Oozyten selbst synthetisierte Glycoproteine enthalten, wird die endogene Vitellogenese abgeschlossen. Die Arretierung der Chromosomen wird aufgehoben und die erste meiotische Reifeteilung mit dem Ausschleusen des ersten Polkörperchens beendet. Die Zeitspanne zwischen der Wiederaufnahme der Meiose und der zweiten meiotischen Metaphase wird als die Periode der Oozytenreife betrachtet (NAGAHAMA et al., 1994). In dieser zweiten Wachstumsphase, die gonadotropinabhängig ist, wird von der Oocyte und den Granulosazellen des Follikelepithels gemeinsam das Chorion, die Eihülle gebildet, durch deren Poren die beiden Zellen Kontakt aufnehmen, so dass Stofftransporte erfolgen können. Der Dottervorläufer Vitellogenin entsteht unter dem Einfluss von

Östradiol in der Leber, und wird über das Plasma zu den Oozyten transportiert und eingelagert (exogene Vitellogenese). Die Keimzellen befinden sich nun im Stadium von Oozyten zweiter Ordnung. In der zweiten Reifeteilung entsteht aus der Oocyte zweiter Ordnung die reife Eizelle, das Ovum, und ein zweites Polkörperchen, das zunächst noch im Zellkern verbleibt. Kurz vor der Ovulation wird die Meiose in der zweiten Metaphase erneut angehalten und mit dem Ausschleusen des zweiten Polkörperchens erst direkt nach der Spermienpenetration abgeschlossen.

Die Ovarien von Tilapien verhalten sich gruppensynchron (JALABERT und ZOHAR, 1982): es können immer mindestens zwei Oozytenpopulationen unterschieden werden, und zwar eine homogene Population grösserer Eizellen und eine heterogene Population kleinerer Eizellen, aus der die erste Gruppe hervorgeht (WALACE und SELMAN, 1981). Bei *Oreochromis mossambicus* konnte beobachtet werden, dass sich die nächste Oozytengeneration bereits in der Phase der exogenen Vitellogenese befand, nachdem das Weibchen gerade erst abgelaicht hatte (HYDER, 1972; PETERS, 1983). Bei *Oreochromis niloticus* konnte dagegen nachgewiesen werden, dass jede neue Gruppe reifender Oozyten aus einem Pool prävitellogener Eizellen hervorging (BABIKER und IBRAHIM, 1979). Die Unterschiede in der Rekrutierung von Oozyten, die zur Reife gelangen, scheinen einerseits artspezifisch zu sein, könnten andererseits aber auch mit dem Brutverhalten der Tiere oder der Saisonalität der Fortpflanzung zusammenhängen (JALABERT und ZOHAR, 1982).

Die Spermatogenese verläuft ebenfalls generell wie bei den meisten Teleostei (JALABERT und ZOHAR, 1982; NAGAHAMA, 1983). Auch die Dauer der Spermatogenese variiert in Abhängigkeit von der Umwelt. In den Tropen zeigen *Oreochromis aureus* und *Oreochromis niloticus* eine kontinuierliche, ganzjährige Spermienbildung (HYDER, 1952; LOWE-McCONNEL, 1958), bei Vorherrschen saisonaler Bedingungen (USA, Israel) wird die Spermatogenese dagegen zur Winterpause mit Rückbildung der Testes eingestellt und erst im Frühjahr mit ansteigenden Wassertemperaturen wieder aufgenommen (GRIER und ABRAHAM, 1983).

2.1.2 Endokrine Kontrolle

2.1.2.1 Gonadotropine

Die Entwicklung der Gonaden, der Keimzellen und der sekundären Geschlechtsmerkmale wird von gonadotropen Hormonen aus der Hypophyse gesteuert. Anzahl und Struktur der Fischgonadotropine war lange Zeit umstritten, mittlerweile wurde jedoch der Nachweis erbracht, dass bei Fischen allgemein, und auch bei Tilapien, zwei Gonadotropine existieren (SUSUKI et al., 1988; NAGAHAMA et al., 1994). Sie sind den Säugergonadotropinen FSH und LH homolog und werden als GTH I und GTH II, Tilapien-spezifische Gonadotropine dementsprechend als ta-GTH I und ta-GTH II bezeichnet (BOGOMOLNAYA, 1991). Das erste, aus Tilapien isolierte Gonadotropin (BOGOMOLNAYA, 1991) erwies sich als Reifungsgonadotropin, also ta GTH II, dessen Plasmaspiegel zur Ovulation bzw. zum Zeitpunkt der Laichabgabe einen ausgeprägten Peak zeigte, ansonsten während der Vitellogenese niedrige Plasmakonzentrationen aufwies (ROTHBART et al., 1991; NAGAHAMA et al., 1993). GTH I zeigte bei Studien an Salmoniden einen gegensätzlichen Verlauf bezüglich der Plasmakonzentrationen, also hohe Konzentrationen während der Vitellogenese bzw. Spermatogenese und einen Konzentrationsabfall zur Zeit der finalen Reifung. Es wird daher auch als vitellogenes Gonadotropin bezeichnet (PRAT et al., 1996). Generell ist der Kenntnisstand bezüglich des GTH I weitaus geringer als der von GTH II (VAN DER KRAAK, 1998).

Die Sekretion der Gonadotropine aus dem Pars distalis der Hypophyse wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst, von denen die wichtigsten das Gonadotropin-Releasing-Hormon (GnRH), Norepinephrin (NE), Serotonin, Neuropeptid Y (NPY) und Dopamin sind (PETER et al., 1991a und 1991b; WONG, 1993) (Abbildung 1). Dabei wirkt das letzte inhibierend, die anderen Faktoren dagegen stimulierend auf die GTH-Ausschüttung (KHAN und THOMAS, 1992; LEVAVI-SIVAN et al., 1995). GnRH und NPY werden mittels Neuronen aus dem Hypothalamus direkt zu den Gonadotropin-produzierenden Zellen in der Hypophyse geliefert, während Serotonin aus parakrinen Quellen in der Hypophyse selbst stammt (KAH et al., 1993; YAMAMOTO et al., 1998).

2.1.1.2 Gonadotropin-Releasinghormon

Von den Stimulatoren für die Ausschüttung von GTH ist GnRH zweifellos das wichtigste (VAN DER KRAAK, 1998). Durch Modulation der GnRH-Freisetzung werden indirekte Steuergrößen der GTH-Ausschüttung, wie γ -Aminobuttersäure (GABA), Taurin und weitere excitatorische Aminosäuren kontrolliert (TRUDEU und PETER, 1995). Zusätzlich zur direkten Stimulation der Hypophysenzellen beeinflussen das Neuropeptid Y, Norepinephrin und Serotonin die GnRH-Neuronen, um die GTH-Freisetzung zu erhöhen (PETER et al., 1991a und 1991b).

Die Struktur des Gonadotropin-Releasinghormons ist innerhalb der Wirbeltiere und auch innerhalb der Fische nicht einheitlich (KING und MILLER, 1992). Bis heute sind insgesamt vier GnRH-Molekülstrukturen aus dem Gehirn von höheren Knochenfischen (Teleostei) isoliert, identifiziert und sequenziert. Weitere Formen wurden bei Knorpelfischen, Agnaten und niedrigen Knochenfischen gefunden (SOWER, 1995). Im Normalfall koexistieren zwei unterschiedliche GnRH-Formen im Gehirn von Knochen- und Knorpelfischen, jedoch konnten bis zu drei der bisher bekannten GnRH-Formen im Gehirn von höheren Knochenfischen als gleichzeitig vorkommend nachgewiesen werden (YU et al., 1999). Bildungsorte des GnRH sind bestimmte Gehirnregionen, in denen Nervenzellen drei klar unterscheidbare neuronale Systeme bilden: 1.) die ventrale teleencephalische (VT) bzw. präoptische Hypothalamusregion (POA), 2.) das System der terminalen Nerven und 3.) das Zwischenhirnintegument. Die unterschiedlichen Formen können offenbar spezifischen Bildungsorten zugeordnet werden (VAN DER KRAAK, 1998). Hauptsächlich Releasinghormonformen aus der ventral-teleencephalisch-präoptischen Hypothalamusregion scheinen an der direkten neuroendokrinen Steuerung der Hypophyse beteiligt zu sein und konnten in der Hypophyse verschiedener Arten nachgewiesen werden (YU et al., 1999).

2.1.2.2 Weitere Faktoren und Hormone

Neben den stimulatorisch wirkenden Faktoren ist die GTH-Sekretion auch inhibierenden hypophyseotropen Faktoren aus dem Hypothalamus ausgesetzt: Dopamin (DA) unterbindet die Releasing-Hormon-induzierte GTH II – Sekretion durch das Blockieren von D₂-Rezeptoren auf den Gonadotropin-produzierenden Zellen bei Tilapien und vielen anderen höheren Knochenfischen (PETER et al., 1991a und 1991b). Andererseits reduziert Dopamin bei einigen Spezies zusätzlich die GTH II-Sekretion direkt auf der Ebene der Hypophysenzellen. Beim Goldfisch (*Carasius auratus*) und bei Welsen (*Clarias garipinus*) konnte ein länger anhaltender Sensibilitätsverlust der Gonadotropin-produzierenden Zellen bezüglich der GnRH-Stimulation durch eine Reduzierung der GnRH-Rezeptoren beobachtet werden (HABIBI et al., 1989 und 1991). Dopamin beeinflusst ausserdem den stimulierenden Releasing-Hormon-Einfluss auf die Hypophysenzellen durch Beeinflussung der GnRH-Nervenzellen, und zwar sowohl auf der Ebene des präoptischen Hypothalamus als auch auf der pars-distalis-Ebene (TRUDEAU und PETER, 1995). Der Einfluss von Dopamin auf die Ausschüttung von GTH I ist noch weitgehend ungeklärt, es gibt jedoch Hinweise darauf, dass die Gegenwart von Dopamin die GTH I-Freisetzung positiv beeinflusst (BRETON et al., 1996). Eine Übersicht der Faktoren und Hormone die die GTH II-Ausschüttung beeinflussen, zeigt Abbildung 1.

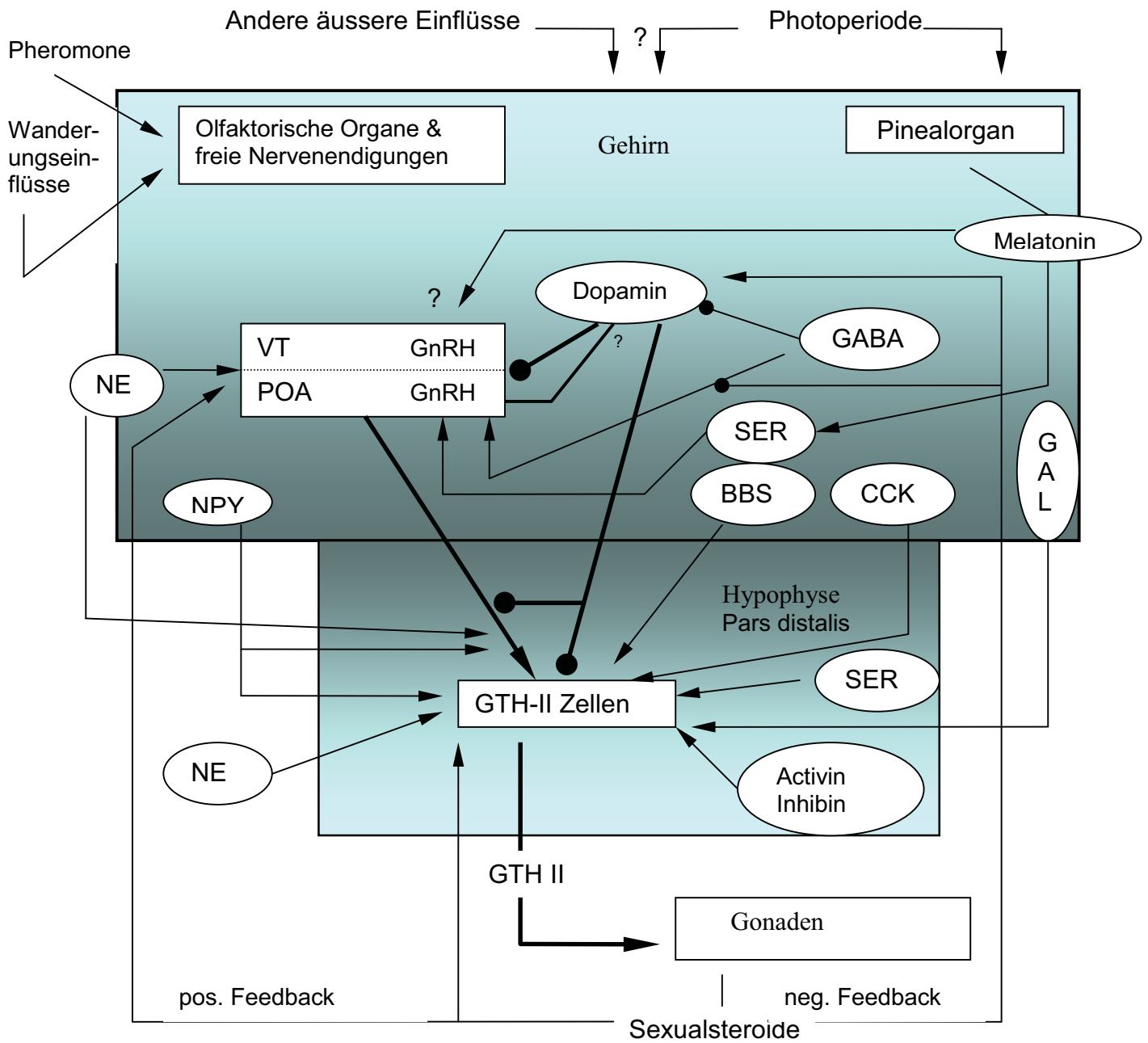


Abbildung1: Kontrolle der GTH II-Sekretion bei Knochenfischen (aus VAN DER KRAAK, 1998, verändert).

BBS: Bombesin, CCK:Cholecystykinin, GABA: γ -Aminobuttersäure, Gal: Galanin, SER: Serotonin, NE: Norepinephrin, NPY: Neuropeptid Y, POA: Präoptischer Hypothalamus, VT: Ventraler teleencephalischer Hypothalamus

→ Stimulierend —●— inhibierend

Die Hormone Prolaktin und Wachstumshormon, deren Funktion bei der Osmoregulation von Salmoniden bekannt ist (HIRANO, 1986; HAZON und BALMENT, 1998), spielen ebenso bei den euryhalinen *Oreochromis mossambicus* und *Oreochromis niloticus* beim Transfer in hyper- und hypotonische Medien eine wichtige Rolle (SHEPHERD et al., 1999; MANCERA und McCORMIC, 1998). SHEPHERD et al. fanden Hinweise darauf, dass äussere Faktoren (z. B. verminderte Salinität) möglicherweise direkt über die Plasma-Osmolarität ohne Einwirkung des Hypothalamus eine Prolaktin-Regulation auslösen können. Die Rolle der Plasma-Osmolarität wurde bereits früher von anderen Wissenschaftlern postuliert (NAGAHAMA et al., 1975). GRAU et al. (1986) konnten eine Calcium-Abhängigkeit der Prolactin-Regulation nachweisen. Einen Einfluss des Säuregrades des Wassers auf die Prolactinausschüttung fanden BONGA et al. (1984) bei Tieren der Art *Oreochromis mossambicus*, die mit pH-Werten von 4,0 konfrontiert wurden und daraufhin mit erhöhter Aktivität der Prolactin-sezernierenden Zellen reagierten. Auch Steroide greifen in die Osmoregulation ein: Östradiol-17-beta stimulierte in *in vitro*-Versuchen die Prolaktin-Sekretion (NAGAHAMA et al., 1975, BARRY und GRAU, 1986). Andererseits fanden RUBIN und SPECKER (1992) in *in vitro*-Versuchen Hinweise auf eine direkte Wirkung von Prolactin auf Hodengewebe von *Oreochromis mossambicus*, indem sie eine erhöhte Testosteronproduktion, bei der Gegenwart von Prolaktin, im Hoden aus balzenden Männchen messen konnten.

2.2 Biologie am natürlichen Standort

2.2.1 Evolution und geographische Herkunft der Tilapien

Die Gruppe der Tilapien – inzwischen zu dem Tribus *Tilapiini* innerhalb der Familie der *Cichlidae* (Buntbarsche) zusammengefasst – schliesst mittlerweile mehr als hundert Arten ein, die in ca. 14 Gattungen und mehrere Gattungsgruppen bzw. Untergattungen geordnet werden (McANDREW, 2000). Die wichtigsten, heute anerkannten Gattungen sind (TREWAWAS, E. 1982 und 1983; LEVEQUE et al., 1990):

- 1.) *Tilapia* Smith
- 2.) *Sarotherodon* Rüppell
- 3.) *Oreochromis* Günther
- 4.) *Danakilia* Thys;

wobei der Gattung *Oreochromis* vier Sub-Gattungen untergeordnet sind. Diese werden nach Trewavas folgendermassen benannt:

- a) *Loruwiala*
- b) *Nyasalapia* Thys
- c) *Alcolapia* Thys
- d) *Neotilapia* Regan

Das wichtigste, und allgemein anerkannte Einteilungskriterium ist die Art und Weise der Brutfürsorge, die sich innerhalb der Tilapien drastisch unterscheidet (LOWE-McCONNEL, 1959; LEVEQUE et al., 1990). Grundsätzlich wird zwischen Substratbrütern und Maulbrütern unterschieden: Die Gruppe der Substratbrüter umfaßt vor allem die in der Gattung *Tilapia* enthaltenen Arten; Maulbrüter sind die Angehörigen der Gattungen *Sarotherodon*, *Oreochromis*, *Danakilia* und anderer in aquakultureller Hinsicht weniger bedeutenden Gattungen, wie beispielsweise

Iranocichla (COAD, 1982). Bei den Maulbrütern gibt es wiederum zwei Haupttypen, nämlich die biparentalen oder paternalen Maulbrüter, bei denen beide Partner oder nur die Männchen die Jungen im Maul ausbrüten (Gattung *Sarotherodon*), und die maternalen Maulbrüter, bei welchen sich die männlichen Tiere nicht um die Brut kümmern, sondern dies alleine den Muttertieren überlassen wird (Gattung *Oreochromis* und Gattung *Danakilia*).

Generell gilt für die beiden Brutpflegetypen auch eine jeweils zugehörige Ernährungsweise. Die Subtratbrüter sind in der Regel makrophag, mit einer entsprechend entwickelten, groben Kiefer- und Pharyngealbezahnung, die Maulbrüter dagegen sind meist microphage, herbivore Aufwuchsfresser und Filtrierer, mit feinen Raspelzähnen und einer feineren Pharyngealbezahnung (TREWAWAS, E. 1982). *Oreochromis niloticus* weicht jedoch als vorwiegend microphager Ernährungstyp mit seiner groben Kiefer- und Pharyngealbezahnung von dieser Regel ab.

Die für die Aquakultur bedeutendsten Vertreter sind *Tilapia rendalli*, *Tilapia zilli*, *Sarotherodon melanotheron*, *Sarotherodon macrochir*, *Sarotherodon galilaeus*, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis aureus* und *Oreochromis mossambicus*.

Die Gattung *Sarotherodon* weist als typische Vertreter *S. melanotheron* und *S. galilaeus* auf, deren natürliche Verbreitung zum einen dem Verlauf des Nils und seinen Nebenflüssen folgt (*S. galilaeus*), zum anderen sind diese Arten auf das westliche Afrika (Sierra Leone, Liberia, Elfenbeinküste, Ghana, Benin und andere Staaten) beschränkt (McANDREW, 2000).

Die in aquakultureller Hinsicht wichtigsten Vertreter der maternalen Maulbrüter, (Gattung *Oreochromis*: *O. niloticus*, *O. mossambicus* und *O. aureus*) kommen ursprünglich aus Ost- und Zentral- bis Westafrika. Der Name *Oreochromis* steht für "Bergbuntbarsch", da sich die Erstbeschreibung von *Oreochromis hunteri* Günther (1898) auf einen Cichliden bezog, der in einem Kratersee auf den Höhen des Kilimanjaro vorkommt. Generell sind die *Oreochromis*-Spezies mit Ausnahme von *O. niloticus* und *O. aureus* im östlichen und zentralen Afrika, die *Tilapia*- und *Sarotherodon*-Spezies im westlichen Afrika beheimatet (McANDREW, 2000).

Die Aufspaltung in Arten erfolgte sowohl allopatrisch, also durch geographische Isolation, als auch sympatrisch, durch ökologische "Einnischung". Die Gattung *Tilapia*

stellt mit ihren 30 Arten ein Beispiel für sympatrische, durch ökologische Anpassung und verschiedene Verhaltensmuster erfolgte Entwicklung dar. Die Arten der Gattungen *Sarotherodon* und *Oreochromis* entwickelten sich dagegen allopatrisch, was sich aus der Vielzahl endemischer Arten und Unterarten ergibt (PHILIPPART und RUWET, 1982).

Oreochromis niloticus hatte seinen Ursprung im oberen Nil in Uganda und breitete sich von dort in Richtung Norden, Süden und Südwesten aus, indem er beispielsweise alle Seen des Riftvaleys bis zum Tanganyikasee und Gebiete im zentralen und westlichen Afrika über das Tschad- und Nigerbasin besiedelte (PHILIPPART und RUWET, 1982). Die natürliche Verbreitung erstreckt sich nach TREWAWAS (1983) im einzelnen auf den Yarkon River bei Tel Aviv, den Nil, das Chadsee-Basin, das Niger System, den Volta-, Gambia- und Senegalriver, den Albert-, Edward-, Kiwu- und Tanganyikasee, auf die Äthiopischen Seen, den Ergino-River, den Lake Turkana, den Suguta River und den Lake Baringo. Trewavas unterscheidet in diesem Verbreitungsgebiet insgesamt sieben Unterarten von *O. niloticus* (Abbildung 2).

Zu dieser natürlichen Verbreitung kam in den letzten Jahrzehnten eine vom Menschen forcierte, künstliche Verbreitung von *O. niloticus* und einigen anderen Arten innerhalb von Afrika (und natürlich auch über Afrika hinaus). Innerhalb von Afrika sind diese Aktivitäten unter anderem davon motiviert, die Fischereierträge in natürlichen, bisher Tilapien-freien Gewässern zu erhöhen, wobei entsprechende ökologische Nischen besetzt oder ein Gewässer vollständig von einer neuen Spezies okkupiert werden sollen. Auch die Besiedelung von Stauseen und Reisfeldern führte zu einer mittlerweile unkontrollierbaren Ausbreitung diverser Tilapia-Spezies. Die ökologischen Folgen sind noch nicht abzusehen, jedoch sind sie - z. B. im Hinblick auf die Biodiversität - speziell für die Tilapien selbst katastrophal, wenn man etwa an die Verbastardisierung eng verwandter, eben erst getrennter Arten denkt; etwa *Oreochromis niloticus* und *Oreochromis aureus* oder *Oreochromis mossambicus* und *Oreochromis placidus* (PHILIPPART und RUWET 1982). Im Victoriasee beispielsweise waren bis in die fünfziger Jahre mit *O. esculentus* und *O. variabilis* nur zwei Tilapia-Spezies vertreten, die dort auch endemisch waren. Mit der Einführung von vier neuen Arten von 1951 bis 1954, nämlich *O. leucostictus*, *O.*

niloticus, *T. zilli* und *T. rendalli* wurde *O. variabilis* durch die Konkurrenz um Brutplätze und Jungfischrefugien von *T. zilli* verdrängt, *O. niloticus* hybridisierte mit *O. variabilis* und unterdrückte *O. esculentus* und schließlich hybridisierte *T. zilli* mit *T. rendalli* (FRYER und ILES, 1972; FRYER 1961; WELCOMME 1967; LOWE-McCONNEL, 2000).

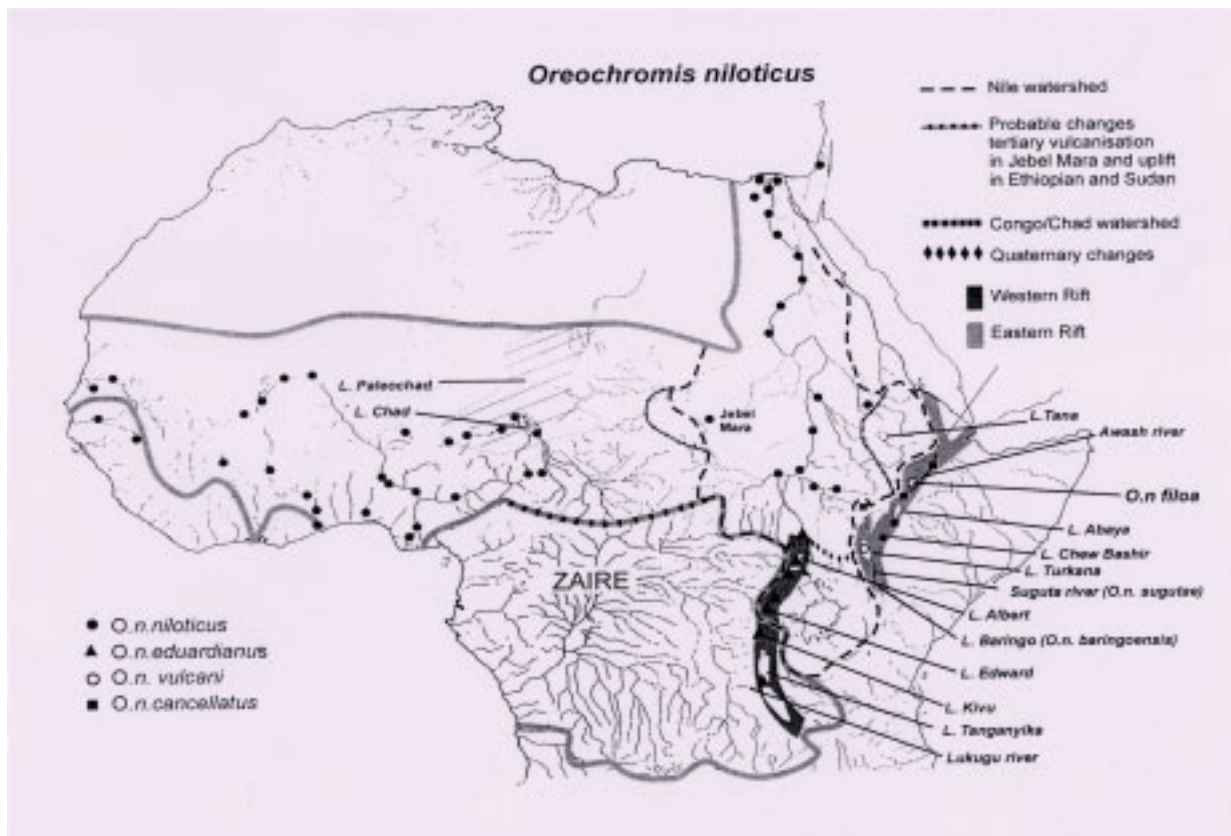


Abbildung 2: Natürliche Verbreitung von *Oreochromis niloticus*.

(aus McANDREW, 2000, nach TREWAWAS 1983; BEADLE, 1981; ADAMSON und WILLIAMS, 1980; TALBOT, 1980).

Innerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes besetzten die verschiedenen Tilapiaspezies höchst unterschiedliche Habitate. Sie kommen sowohl in großen und kleineren, stehenden und fließenden, permanenten und temporären Gewässern, als auch in extremen Habitaten wie Salzseen (z.B. Turkana- oder Natronsee), heißen Quellen (z.B. Magadi), vulkanischen und meteoritischen Kraterseen (wie z.B. Lake Chala bzw. Lake Bosumtwi) vor. Auch permanente Wüstenseen in der Sahara und der Namibwüste (Pellegrin 1921; Dixon und Blom 1974) sind ebenso besiedelt worden wie marine und brackige Küstenhabitate (Balarin und Hatton, 1979).

2.2.2 Biologie der Fortpflanzung

Der Ablauf des Brutgeschehens unterscheidet sich, grundsätzlich in den Gattungen *Tilapia*, *Sarotherodon* und *Oreochromis*. Maulbrutpflege hat sich allgemein innerhalb der Cichliden auf mehreren Wegen - also polyphylethisch - aus der Substratbrutpflege entwickelt (Peters, 1959, 1965; Peters und Brestowsky, 1961), so auch bei den Tilapien, (Trewavas, 1983). Die Ansichten über die Evolution des Maulbrütens gehen jedoch innerhalb der Taxonomen auseinander (McANDREW, 2000). Innerhalb der Tilapien sind drei unterschiedliche Verhaltenskomplexe darzustellen (Trewavas, 1983; TURNER und ROBINSON, 2000):

a) Substratbrüter

Die Angehörigen der Gattung *Tilapia* sind monogame, biparentale Substratbrüter. Die Paarbildung erfolgt lange vor der Eiablage und hält mindestens bis zum Entlassen der Jungen an. Sexualdimorphismus oder Sexualdichromatismus kommt bei der Gattung *Tilapia* nicht oder nur in minimaler Form vor. Die Eier sind relativ klein und ihre Anzahl beträgt je nach Größe des Weibchens 1000 bis 7000. Die Aufgabenverteilung bei der Brutpflege ist nicht strikt an die Geschlechter gebunden, jedoch übernimmt das männliche Tier häufiger die Revierverteidigung und das weibliche Tier häufiger das Befächeln des Geleges. Nach dem Schlupf werden die Larven von den Eltern auf vorbereitete Plätze umgebettet, an denen die Larven einige Tage an der Substratoberfläche festgeheftet bleiben. Sie sorgen durch

heftiges Fächern mit den Schwänzen selbst für eine ausreichende Versorgung mit Sauerstoff. Die freischwimmenden Larven halten sich anfänglich in der Nähe der Eltern auf und lassen sich bei Gefahrensignalen der Eltern sofort zu Boden sinken.

b) Biparentale und paternale Maulbrüter

Bei der Gattung *Sarotherodon* brüten entweder beide Elternteile oder nur die Männchen die Eier im Maul aus und entlassen die Brut erst nach dem vollständigen Freischwimmen. Die Eltern bilden zunächst eine "Kernfamilie", die aber nach der Aufnahme der Eier wieder zerfällt. Die Paarbindung scheint zumindest bei manchen *Sarotherodon*-Arten einige Tage vor dem Ablaichen zu erfolgen. Die Eier sind größer als die der *Tilapia*-Arten, jedoch ist die Eizahl mit maximal 5000 bei *S. galilaeus* geringer. Die Versorgung der Eier und der Larven wird durch den Strom des Atemwassers und durch Kaubewegungen der Eltern gewährleistet. Die Jungen werden, nachdem sie einmal aus dem Maul entlassen wurden, nicht wieder in das elterliche Maul aufgenommen.

c) Maternale Maulbrüter

Die Spezies der Gattung *Oreochromis* sind ebenso wie die der Gattung *Sarotherodon* ovophile Maulbrüter, jedoch übernehmen ausschliesslich die weiblichen Tiere das Brutgeschäft. Es kommt nicht zur Familienbindung, sondern das Ablaichen erfolgt im Rahmen des sogenannten "Arena-Spawning". Die Merkmale, die vorhanden sein müssen, um eine Spezies zur Gruppe der Arena-Brüter zählen zu können sind: Sexualdimorphismus, Sexualdichromatismus, Laichterritorien der Männchen, Polygamie, ausschliesslich maternales Maulbrüten, separate Rückzugsgebiete brütender Weibchen. Dabei heben die Männchen kreisförmige Mulden aus, die als Basis dienen, um vorbeischwimmende Weibchen anzubalzen und aufzufordern, in die Mulde zu schwimmen und mit dem Männchen abzulaichen. Die Männchen zeigen zu diesem Zeitpunkt eine auffällige Balzfärbung. Die Eier

kleben nicht am Substrat fest und werden sofort nach der Besamung durch das Männchen vom Weibchen in das Maul aufgenommen. Nach der Aufnahme der Eier in das mütterliche Maul verlässt das Weibchen die Arena. Ein Weibchen kann die portionsweise abgegebenen Eier von verschiedenen Männchen befruchten lassen (Polyandrie), und ebenso kann ein Männchen die Gelege vieler Weibchen besamen (Polygamie). Die Anzahl der abgelegten Eier pro Weibchen ist geringer als bei *Tilapia* und *Sarotherodon* und beträgt z.B. bei großen *Oreochromis niloticus*-Weibchen maximal 3500. Die Eier sind mit ca. drei bis fünf mm Durchmesser größer als die von *Tilapia* und *Sarotherodon*. Die Jungen werden erstmals nach dem vollständigen Freischwimmen aus dem Maul entlassen, können aber noch zwei bis drei Wochen lang nachts und bei Gefahr wieder aufgenommen werden.

Oreochromis niloticus zeigt nicht in allen natürlichen Populationen bzw. Unterarten einen ausgeprägten Sexualdichromatismus. Eine auffällige, rötliche bis rote oder auch schwarze Balzfärbung zeigen jedoch alle beobachteten Individuen (EI-ZARKA et al., 1970; LOWE-McCONNEL, 1958; GREENWOOD, 1966). Die Brutzeit von *O. niloticus* ist im natürlichen, grossen Verbreitungsgebiet eindeutig an den Breitengrad gekoppelt, an dem die jeweilige Population vorkommt. In Israel ist dies April und Mai, im Nildelta April bis August, ab 19° C Lufttemperatur. Obwohl die Temperaturen im Juli und August im Nildelta noch steigen, geht die Laichaktivität zurück (EI-ZARKA et al., 1970). Im Nasser - See (22° - 24° N) dauert die Brutsaison mindestens von März bis September, wobei LATIF und RASHID (1972) im März, April und September Peaks im gonadosomalen Index fanden, und daher von einer noch längeren Saison ausgegangen werden kann.

Im Norden Nigerias (~ 12° N) stellte HOLDEN (in LOWE McCONNEL, 1958) eine Brutsaison fest, die zeitgleich mit den jährlichen Überschwemmungen im Juni und Juli liegt. Im südlichen Nigeria konnte keine zeitlich begrenzte Saison festgestellt werden. In äquatorialen Gewässern können über das ganze Jahr brütende Exemplare gefunden werden, jedoch veranlasste der Befund, dass in den trockenen Monaten Juni und Juli weniger Tilapien in den Uferzonen (= Brutrefugien) des Victoriasees gefangen werden, LOWE-McCONNEL zu dem Schluß, dass die Regenfälle in den feuchten Jahreszeiten einen Brutstimulus darstellen könnten. Den Befund bestätigte GWAHABA (1978) für den Lake George.

Die Geschlechtsreife tritt bei *O. niloticus* bei verschiedenen Populationen unterschiedlich spät ein. Besonders in der Kultur stellt das Eintreten früher Geschlechtsreife bekanntermassen ein Problem dar. Das Eintreten der Geschlechtsreife ab einer bestimmten Körperlänge könnte von konstitutionellen Faktoren oder auch von Streßfaktoren beeinflusst werden (LOWE-McCONNEL, 1958). In natürlichen Populationen mit grossen Maximalgrößen tritt die Geschlechtsreife mit größerer Körperlänge, also später, ein als bei Populationen mit kleineren Maximalgrößen. Grosse Maximalgrößen werden bei guten Bedingungen erreicht. Das Gewicht bei einer Standardlänge von 20 cm wurde von LOWE-McCONNEL zur Beurteilung der Konstitution herangezogen. Sie zeigte einen Zusammenhang zwischen der Konstitution der Fische und dem Zeitpunkt der Geschlechtsreife auf. Je besser die Konstitution (also je höher das Gewicht bei einer Körperlänge von 20 cm) ist, desto später erfolgte der Eintritt der Geschlechtsreife. GWAHABA (1973) zeigte enorme Unterschiede in der Körperlänge geschlechtsreifer *Oreochromis niloticus* aus dem Lake George in den Jahren 1960 und 1971 auf: 1960 waren weniger als 20% der geschlechtsreifen Weibchen kleiner als 22 cm, 1971 waren nahezu 90% der geschlechtsreifen Weibchen kleiner als 22 cm. Eine mögliche Ursache könnte der Anstieg der Fischereiaktivitäten gewesen sein, wobei das Fangen größerer Fische vor deren Reproduktion eine Selektion auf frühe Geschlechtsreife und Kleinwüchsigkeit zur Folge gehabt hätte.

2.2.3 Biotische und abiotische Einflüsse

Die wichtigsten Einflussfaktoren bezüglich der natürlichen Verbreitung von Tilapien sind Temperatur und Salinität, aber auch die Anpassung an Wasserströmung, atmosphärischen Druck (Wassertiefe) und O₂-Gehalt spielen bei der Besiedelung von Habitaten eine Rolle.

STRÖMUNG

Einige Tilapien sind an Standorte mit hohen Fließgeschwindigkeiten bestens angepasst. *Tilapia busuma* beispielsweise besiedelt in Ghana den Ebo-River und andere Flüsse an Standorten, die ein Gefälle bis zu 6 % aufweisen (LELEK 1968), die allermeisten Arten sind jedoch weit weniger rheophil.

ATMOSPHERISCHER DRUCK

Nach der Auffassung einiger Autoren sind Tilapien physiologisch nicht dazu befähigt, sich dem Druck in größeren Wassertiefen anzupassen (CAULTON und HILL, 1973; CAULTON 1975), und Angaben zu Tiefen, in denen Tilapien gefangen oder bei Tauchgängen beobachtet wurden, bestätigen dies (PHILIPPART und RUWET, 1982). Die ökologische Einnischung in eine bestimmte Tiefenzone eines stehenden Gewässers wird jedoch von mannigfaltigen Faktoren mitbeeinflusst. Sauerstoff- und Temperaturgradienten setzen der Besiedelung genauso Grenzen wie H₂S- oder sonstige Gase enthaltende Wasserkörper innerhalb des Pelagials. Außerdem spielt die gegenseitige Beeinflussung mancher Faktoren wie z. B. Temperatur und Sauerstoffgehalt ebenfalls eine wichtige Rolle bezüglich der "Bewohnbarkeit" eines Habitats. Nicht zuletzt entscheiden Ernährungs- und Fortpflanzungsgewohnheiten darüber, welche Wassertiefe zu welchem Zeitpunkt von einer bestimmten Spezies bevölkert wird. Generell ist es jedoch der Bereich nahe der Oberfläche bis ca. 40 m Wassertiefe, derjenige der von Tilapien besiedelt werden kann.

TEMPERATUR

Alle Tilapien sind wärmeliebende Fische, jedoch tolerieren einige Arten erstaunlich niedrige Temperaturen. In der Aquakultur subtropischer Gebiete können Populationen von *O. niloticus* und *O. galilaeus* winterliche Nachttemperaturen von ca. 10° C in Teichen durchaus überstehen (YASHOUV 1958). Auch von *O. aureus*

sind ähnliche Toleranzen bekannt (CHERVINSKI und LAHAV 1976). Abbildung 4 zeigt die Temperaturtoleranzbereiche der wichtigsten Tilapia-Spezies. Die oberen Temperaturgrenzen der natürlichen Habitate liegen bei den meisten Spezies über 30° C, dieser Beobachtung entspricht auch die experimentell festgestellte höchste Schwimmaktivität bei *O. niloticus* (28 - 32° C) oder *O. mossambicus* und *O. galilaeus* (32° C) (FUKUSHO, 1968). Die Temperaturtoleranz ist auch vom Alter der Fische abhängig - juvenile Fische vertragen höhere Temperaturen generell besser als adulte Tiere derselben Art, und häufig gilt dies auch für niedrige Temperaturen (BRUTTON und BOLLT, 1975). Dies ist auf den physiologischen Unterschied im Wärmehaushalt großer und kleiner Organismen zurückzuführen.

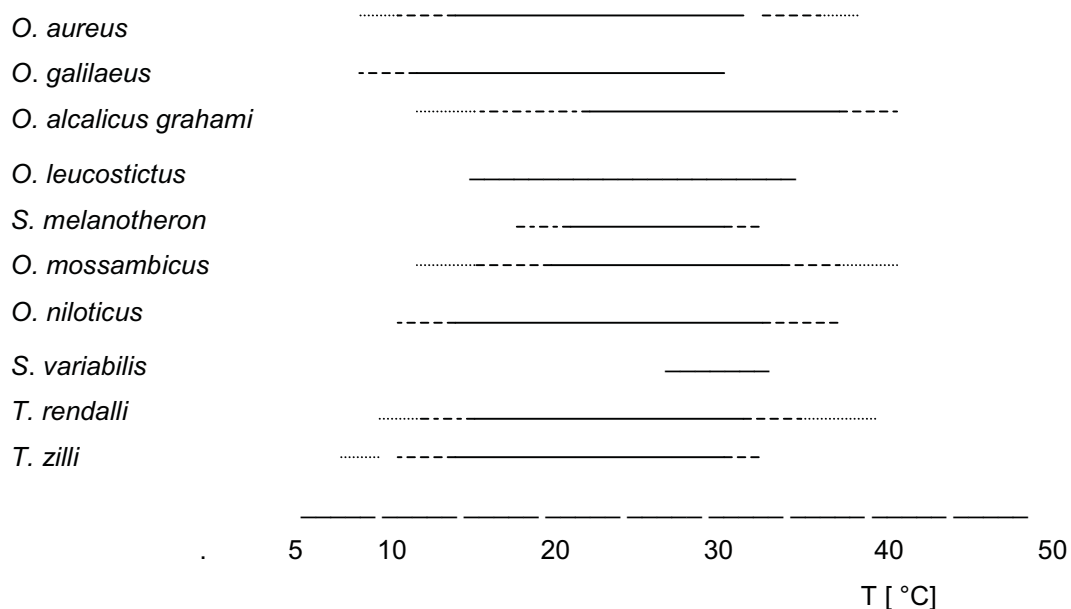


Abbildung 3: Temperaturtoleranzbereiche von Tilapia-Spezies (nach BALARIN und HATTON, 1979, verändert)

—— Toleranzbereich - - - - - Extrembereich im natürlichen Habitat
 experimentell festgestellter physiologischer Grenzbereich

Interessant ist der Umstand, dass manche Spezies in brackigem Wasser niedrigere Temperaturen tolerieren als in reinem Süßwasser (*O. mosambicus* und *O. aureus* nach ALLANSAN et al. 1971, CHECRINSKI und LAHAV 1976).

SALINITÄT

Tilapien sind euryhalin, d. h. sie können sowohl Habitats an denen die Salinität 30 PSU (Practical Salinity Units = ‰) und mehr beträgt, aber auch reine Süßwasserhabitats besiedeln und auch ihre Reproduktion kann unter diesen Bedingungen stattfinden. Ästuarien und Lagunen an der Westküste (*T. guinensis*, *O. melanotheron*) und an der Ostküste Afrikas (*O. mossambicus*, *O. honorum*, *S. plazidus*) stellen solche natürlichen Habitats dar. Auch hypersaline Habitats wie der Magadisee oder der Natronsee (Salinität 30 – 40 PSU) sind von einigen Arten besiedelt worden. Im Magadisee ist *S. alcalicus grahami* endemisch, im Natronsee ist es *S. alcalicus alcalicus* (COE 1966, 1967), und selbst der Lake Manyara in Tansania, der einen Salzgehalt von 58 PSU aufweist, bietet der dort endemischen Spezies *S. amphimelas* Lebensraum. Auch weniger euryhaline Arten wie *O. niloticus*, *O. galilaeus* und *T. zilli* können sich an Standorten mit variablen Salinitäten bis 30 PSU behaupten. Dies sind beispielsweise in Ägypten die Bitter Lakes und der Lake Qarun (KIRK 1972, FRYER und ILES 1972). Ein weiteres Beispiel für die Anpassungsfähigkeit einzelner Spezies an wechselnde Bedingungen ist *O. mossambicus* im St. Lucia Lake, einem See an der südöstlichen Küste von Afrika, der wie andere küstennahe gelegene Seen und Lagunen dem wechselnden Einfluß des Indischen Ozeans ausgesetzt ist. *O. mossambicus* muß mit extrem wechselhaften Salinitäten von 0 bis 120 PSU zurechtkommen (WHITFIELD und BLABER, 1979). In permanent offenen Lagunen und Ästuarien mit sehr schneller Änderung der Salinität, kommt *O. mossambicus* jedoch nicht vor. Er scheint also nicht in der Lage zu sein, sich schnell an wechselnde osmotische Bedingungen anzupassen. Ein weiterer Grund für seine Abwesenheit könnte jedoch auch unter anderen die direkte Konkurrenz mit marinen Fischen sein.

ELEKTRISCHE LEITFÄHIGKEIT

Einhergehend mit dem Anstieg der Salinität des Wassers erfolgt ein Anstieg der elektrischen Leitfähigkeit, deren Messung bei 20° C standardisiert ist (C20) und in μ -Siemens/cm gemessen wird. Verantwortlich für die elektrische Leitfähigkeit sind jedoch alle gelösten Elektrolyte, nicht nur Natriumchlorid, welches zur Definition der Salinität herangezogen wird. Die elektrische Leitfähigkeit ist auch ein Ausdruck für den Gehalt an Härtebildnern, also z.B. Karbonate, Hydrogenkarbonate und Sulfate; etwas vereinfacht ausgedrückt, ist das Wasser also umso härter, je höher seine elektrische Leitfähigkeit ist. *Sarotherodon macrochir* ist ein Beispiel für Spezies, die auch an Standorten mit hoher elektrischer Leitfähigkeit vorkommen (FRYER und ILES 1972, Beadle 1974). Andererseits sind auch Gewässer mit extrem niedriger Leitfähigkeit erfolgreich von Tilapien besiedelt worden: Lake Mweru (C20 = 14 bis 35 μ S/cm) beherbergt *Tilapia sparrmanii*, *Tilapia rendalli* und *Sarotherodon macrochir* als natürliche Populationen (BEADLE 1974). *T. zilli* und *O. niloticus* sind erfolgreich in den Lake Nabugabo in der Nähe des Victoriasees in Uganda eingeführt worden; dieser See weist eine C20 von 25 μ S/cm auf.

pH-WERT

Ein weiterer Einflussfaktor, der ebenfalls die hohe Anpassungsfähigkeit innerhalb der Tilapien zeigt, ist der pH-Wert bzw. die Alkalinität des Wassers. Die in den Salzseen Lake Magadie und Lake Natron beheimateten Arten *Sarotherodon alcalicus grahami* und *S. alcalicus alcalicus* tolerieren pH-Werte über 10 und Alkalitäten von 161g CaCO_3/l (Lake Natron) (MORGAN, 1972). Im Sudan wird *O. niloticus* in Teichen mit wechselndem pH zwischen 8 und 11 erfolgreich gehalten (GEORGE, 1979). Andererseits lebt *Tilapia congica* im Lake Tumba in Zaire bei pH-Werten zwischen 4,5 und 5.

SAUERSTOFF UND ANDERE GELÖSTE GASE

Tilapien sind bezüglich des Gehalts an gelöstem Sauerstoff sehr genügsam und können daher auch sumpfige und flache Gewässer besiedeln, in denen sauerstoffzehrende Prozesse die Werte schnell in Bereiche absinken lassen, die für andere Fische kritisch werden können (PHILIPPART und RUWET, 1982). *O. niloticus* und *O. mossambicus* tolerieren Werte um 0,1 ppm (MAGID und BABIKER, 1975, MELARD und PHILIPPART, 1980) und zeigen sich gleichzeitig tolerant gegen hohe Konzentrationen von gelöstem Kohlendioxid. Auch die Schwellenwerte für andere toxische gelöste Gase, wie H₂S oder NH₃, können für Tilapien höher angesetzt werden als für viele andere Fischarten (REDNER und STICKNEY, 1979). Im natürlichen Habitat kann es durch jahreszeitlich bedingte miktische Prozesse jedoch zu hohen Konzentrationen dieser und anderer toxischer Stoffe auch in der oberen Wassersäule kommen, deren Folge dann ein massives Fischsterben, auch unter den Tilapien, sein kann (BEADLE, 1974; FRYER und ILES, 1972).

NAHRUNGANGEBOT UND ERNÄHRUNGSWEISE

Die Ernährungsgewohnheiten der Tilapien sind recht variabel, sowohl auf die gesamte Gruppe als auch auf eine Spezies bezogen. Generell sind jedoch die Substratbrüter eher macrophil, d.h. sie ernähren sich vorwiegend von filamentösen Algen, aquatischen Makrophyten und Material terrestrischer Herkunft (Blüten, Blätter etc.). Die Maulbrüter dagegen sind mikrophile Aufwuchsfresser und Filtrierer, die teilweise hochspezialisiert sind (*Oreochromis variabilis* z. B. frisst im Victoriasee die Inhaltsstoffe des feinen benthischen Sediments, *O. esculentus* filtriert Phytoplankton; FRYER und ILES, 1972). Andererseits können sie auch ein weites Nahrungsspektrum aus diversen Algen, Phytoplankton, pflanzlichem Detritus, Diatomeen und Bakterien aus feinem Sediment, Zooplankton und benthischen, tierischen Organismen haben. *O. aureus*, *O. galilaeus* und *O. niloticus* fressen auch Cyanobakterien und können bis 80% des enthaltenen Kohlenstoffs dieser Nahrungsquelle verwerten (SPARATU und ZORN 1978; MORIATY, 1973; MORIATY

und MORIATY, 1973). *O. aureus* und *O. niloticus* sind jedoch als omnivor zu bezeichnen, während dies für *O. galilaeus* nicht zutrifft. Die Variabilität der Ernährungsgewohnheiten wird in starkem Masse vom vorliegenden Angebot und vor allem von der Konkurrenz durch andere Fische beeinflusst. *Tilapia zilli* beispielsweise frisst in vielen tropischen Gewässern, in denen die Nahrungskonkurrenz gross ist, ausschliesslich Makrophyten, in einigen Seen in Ägypten und Israel mit weniger Konkurrenz frisst er Plankton und Sedimentinhaltsstoffe (SPARATU, 1978; ALKOLY und ABDEL MALEK, 1972).

Die Ernährungsgewohnheiten sind auch innerhalb einer Art sehr variabel, sie hängen einerseits von der Grösse und dem Alter des Individuums, aber auch von dem jahreszeitlich bedingten Angebot an Nahrung ab. Die Larven ernähren sich generell von feinen Sedimentinhaltsstoffen, benthischem Aufwuchs und Mikroplankton (BRUTTON und BOLTT, 1975; GOPHEN, 1980; WHYTE, 1975). Im Frühjahr frisst beispielsweise *O. aureus* im Lake Kinneret, Israel, hauptsächlich Zooplankton, welches zu dieser Zeit hohe Abundanz zeigt. Wenn die Zooplanktendichte im Sommer aufgrund des Frassdruckes und der abnehmenden Produktion zurückgeht, fressen die Tiere mehr benthischen Detritus und Phytoplankton (SPARATU, 1976; SPARATU und ZORN, 1978). Die ebenfalls beobachteten jahreszeitlichen Schwankungen in der Fressaktivität werden hauptsächlich von saisonal wechselnden Wassertemperaturen beeinflusst, sind aber auch Speziesabhängig (SPARATU und ZORN, 1978; SPARATU, 1976). Die Brutfürsorge beeinflusst die Fressaktivität bei Substratlaichern wenig, bei Maulbrütern jedoch erheblich bis vollständig (COE, 1966).

2.3 *Oreochromis niloticus* in der Aquakultur

Der Begriff Aquakultur bezeichnet laut FAO (1997) das „Farming“, also die Kultur von Fischen, Mollusken, Crustaceen und aquatischen Pflanzen, wobei die Kultur abhängig von der Intensitätsstufe ein bestimmtes Mass an Eingriffen bei der Aufzucht mit einschliesst, um die Produktion zu steigern (regelmässiges Besetzen, Teichdüngung, Fütterung, ect.). Das Farming beinhaltet auch den individuellen oder gemeinschaftlichen Besitz der in Kultur genommenen Bestände während des gesamten Kulturzeitraums. Dieses Besitztum macht die Unterscheidung zwischen Aquakultur und Fischerei möglich, da aquatische Organismen, die der Öffentlichkeit als gemeinschaftliches Eigentum zur Nutzung, mit oder ohne entsprechende Genehmigung, zur Verfügung stehen, dem fischereilichen Sektor zugeschrieben werden.

Tilapien werden weltweit in unterschiedlichsten Produktionssystemen und Intensitätsstufen kultiviert (PULLIN und LOWE-McCONNEL, 1982; PULLIN et al., 1988; MUIR et al., 2000), wobei der Gattung *Oreochromis* als Vertreter der Tilapien mit mehr als 95% der gesamten, weltweiten Cichlidenproduktion die grösste Bedeutung zukommt (FAO, 1999). *Oreochromis niloticus* hat an dieser Produktion den weitaus grössten Anteil, nämlich 740.000 t weltweit im Jahr 1997 von insgesamt 946.000 t produzierten Cichliden (FAO, 1999). In den Jahren von 1988 bis 1997 stiegen die Produktionszahlen kontinuierlich an: waren es 1988 noch unter 130.000 t die weltweit produziert wurden, stieg die Produktionsmenge bis 1993 um ca. 50.000 t jährlich auf 377.000 t und von 1994 bis 1997 um jährlich mehr als 100.000 t auf 740.000 t.

2.3.1 Extensive und intensive Süsswasserkultur

Teichhaltung auf der Basis der natürlichen Produktion stellt die unterste Stufe innerhalb der extensiven Produktionssysteme dar. Die Teiche werden als Monokultur- oder Polykulturteiche besetzt und die Entwicklung der Bestände auf der Grundlage der natürlichen Planktonproduktion sich selbst überlassen. Die maximale

Ertragsfähigkeit ist niedrig: sie liegt beispielsweise für *Oreochromis mossambicus* nach Angaben von VAN DER LINGEN (1959) bei 840 kg/ha. Mit höherem Einsatz und Managementaufwand (Düngung der Teiche zur Steigerung der Primärproduktion und/oder Fütterung mit Beiprodukten aus der agrarischen Produktion, gezielte Besatzmassnahmen, ect.) kann die Ertragsfähigkeit und damit die Produktionsleistung von Teichen gesteigert und die Stufe der semi-intensiven Produktion erreicht werden (LAZARD, 1980; LAZARD et al., 1988; BALARIN und HALLER, 1982). VAN DER LINGEN gibt 1959 eine maximale Produktionsleistung von Teichen bei Düngung und Fütterung von über 6000 kg/ha an, BALARIN und HALLER 1982 bereits bis zu 30.000 kg/ha (Tabelle 1). Eines der wichtigsten Managementinstrumente ist dabei der artifizielle Eintrag von Sauerstoff, der bei Erreichen der intensiven Produktionsstufe völlig unabdingbar ist (TAL und ZIV, 1978). Ebenso bedeutend ist die Unterdrückung der unkontrollierten Reproduktion durch Besatz mit ausschliesslich männlichen Tieren. Rein männliche Bestände werden gegenüber rein weiblichen Beständen bevorzugt, weil männliche *Oreochromis niloticus* unter Teichbedingungen 2 bis 5 mal schneller wachsen als weibliche (BALARIN und HALLER, 1982). Die Erstellung rein männlicher Bestände kann durch manuelles Sortieren der Geschlechter („sexing“), hormonelle Geschlechtsumkehrung, Erzeugung von ausschliesslich männlichen Arthybriden (z.B. *O. niloticus* X *O. urolepis honorum*) und weiteren Methoden, wie beispielsweise der Einsatz von triploiden und somit funktionell sterilen Fischen, (BRÄMIK et al., 1995) realisiert werden (HICKLING, 1960; CLEMENS und INSLEE, 1968; CALHOUN und SHELTON, 1983; HUNTER und DONALDSON, 1983; McANDREW, 1993).

Die intensive Produktion von *Oreochromis niloticus* und anderen Tilapienspezies findet in Netzkäfigen und ausserdem in Kleinteichen, Becken, Fliesskanälen und Kreislaufanlagen statt, welche leicht zugänglich für eine intensive Betreuung und hohen Managementaufwand sind (BALARIN und HALLER, 1982; BELAY pers. Mitteilung). Netzkäfige bzw. –gehege nehmen zuweilen eine Sonderstellung ein, da sie unzugänglicher als die anderen aufgeführten Einrichtungen sein können und weniger intensiv betreut werden.

Tabelle 1: Produktionssysteme für Tilapien.

(aus BALARIN und HALLER, 1982, verändert).

Intensitätsstufe	Fischerei	Extensive Kultur		Semi-intensive Kultur		Intensive Kultur			
Systemtyp	Flüsse und Seen		Teiche		Kleinteiche		Becken und Fließkanäle, Kreislaufanlagen		
	Reisfelder		Düngung		All-male Kultur			Polykultur	
	Subsistenz	Kalkung		Integrierte Kultur: Geflügel, Schweine		Kläerteiche		Be-lüftete Teiche	Netz-käfige
Quelle für Produktion	Primärproduktion			Düngung		Düngung und Fütterung		Fütterung	
Futterart	Natürliches Futter: Plankton, ect.			Natürliches Futter + agrar. Beiprodukte		spezielles Kraftfutter			
Produktion [t/ha/Jahr]	0,1 – 1,5	0,3 – 3,0	1,5 – 5,0	5,0 – 30,0	200 – 1000				
Produktions-kategorie, Systemeigen-schaften	Niedrig			Mittel			Hoch		
	einfache Technik, minimales Management			Mittlere Besatzdichte, Belüftung, Energie-eintrag, Kapitaleitrag, laufende Kosten			komplexe Technik, hohes Management-niveau		

Die kontrollierte Erzeugung von grossen Brütlingmengen ist in der intensiven Produktion von besonderer Wichtigkeit. Sie benötigt eine gleichmässige Versorgung mit Brütlingen, bevorzugt von uniformer Grösse und ausschliesslich männlichen Geschlechts („all-male-fry“). Während in der extensiven *O. niloticus*-Teich-Kultur das ausgeprägte Brutverhalten zur unkontrollierbaren Produktion von Brütlingen und somit oft zum „stunting“ führt, ist unter intensiveren Kulturbedingungen die Bruterzeugung oft weniger produktiv, wenn die Fische auf natürlichem Wege zur Vermehrung kommen. In diesem Fall kann mit einer Produktion von 250 bis 500 Brütlingen pro Rogner und Monat gerechnet werden (MELARD und PHILIPPART, 1980; BALARIN und HALLER, 1982). Wird die Brütlingserzeugung ohne natürliche Anpaarung durch Streifen der Geschlechtsprodukte und künstliche Befruchtung

realisiert, sind 2000 und mehr Brütlinge pro Rogner und Monat zu erzielen (HABITZKY-BIESTER, 1987; Kapitel 3.3.2 und 3.3.4 der vorliegenden Arbeit).

Bei der intensiven Kultur von *O. niloticus* ist die Verabreichung von industriell hergestellten Alleinfuttermitteln nötig, deren Zusammensetzung den natürlichen Ernährungsgewohnheiten und dem jeweiligen Körpergewicht der Tiere Rechnung tragen muss. BALARIN und HALLER (1982) geben bezüglich des Proteinbedarfs die in Tabelle 2 wiedergegebenen generalisierten Angaben, welche auch in der aktuelleren Literatur (JAUNCEY, 2000) bestätigt werden:

Tabelle 2: Proteinbedarf von Tilapien verschiedener Grössenklassen zur Wachstumsmaximierung;
(nach BALARIN und HALLER, 1982; JAUNCEY, 2000)

Gewichtsklasse	Proteinbedarf [%]
unter 1 g	35 – 50
1 – 5 g	30 – 40
5 – 25 g	25 – 30
über 25 g	20 – 25

Diese Angaben unterscheiden nicht nach der Art des Proteins (tierischer oder pflanzlicher Ursprung), was für die intensive Produktion auch aus betriebswirtschaftlichen Gründen relevant ist. Der Bedarf an tierischem Protein in der Diät ist durch die unterschiedlichen Ernährungsgewohnheiten der einzelnen Arten verschieden hoch. Für die intensive Produktion von *O. niloticus*, der als omnivorer Aufwuchsfresser bekannt ist (siehe Kapitel 2.2.2), sind Futterzusammenstellungen mit und ohne Protein tierischer Herkunft einsetzbar: In einer Studie zu Tierprotein-freien Futtermischungen für Tilapien (*O. niloticus* x *O. aureus* –Hybriden) zeigten VIOLA et al. (1988) nahezu gleichbleibende Wachstumsraten für Diäten, die 50, 25 und 0% Fischanteil am Futtermittelprotein aufwiesen. Bei einer Supplementierung der Fischmehl-freien Diät mit Dicalciumphosphat konnten signifikante Steigerungen bei der täglichen Gewichtszunahme und dem Futterverwertungskoeffizienten nachgewiesen werden. Als generelle Anforderungen von Tilapien an das Futter bei

intensiver Kultur gibt JAUNCEY (1998) folgende Kennzahlen: Proteingehalt 50% (Brut) bzw. 25 - 30% (>35 g), Fettgehalt 10% (Brut) bzw. 6% (>35 g), Kohlenhydrate 25% und Rohfaser 8% (Brut) bzw. 10% (>10 g).

Die Futtermittelfütterung richtet sich nach Grösse und Art der Tilapien, sowie nach dem Proteingehalt, der Proteinqualität und der Formulierung des Futters, da diese Faktoren die Futteraufnahme und die Verfügbarkeit der Inhaltsstoffe beeinflussen. MELARD und PHILIPPART (1980) geben für die intensive *O. niloticus* – Produktion in Becken, folgende Gleichung für eine Diät mit 23 – 26 % Proteingehalt an:

$$\log y = 1,687 - 0,580 \log x \quad (b = -0,58 \pm 0,071)$$

mit y = tägliche Futtermittelfütterung in % Körpergewicht

x = Mittelwert des Körpergewichts in g

Für die heutzutage in der intensiven Fischzucht verabreichten, extrudierten Futtermittelsorten können niedrigere Futtermittelfütterungen eingesetzt werden:

Tabelle 3: täglicher Futterbedarf (g Futter/kg Fisch).
(aus PROVIMI-Produktbroschüre für extrudiertes Tilapienfutter)

Fisch- gewicht [g]	Pellet- grösse [mm]	Wassertemperatur		
		18 – 20°C	21 – 24°C	25 – 30°C
20 - 50	2	4,0	5,0	6,5
50 - 100	3	3,0	5,0	5,5
100 - 250	4,5	2,0	4,0	4,5
>250	4,5	2,0	2,0	3,0

Da *Oreochromis niloticus* und andere Tilapienspezies keinen echten Magen besitzen und daher langsam verdauende Fische sind (ROSS und JAUNCEY, 1981), werden die täglichen Futtermittelfütterungen in der Intensivzucht auf drei bis sechs Portionen verteilt (BALARIN und HALLER, 1979), bzw. es werden Band-, Pendel- oder Schneckenfütterautomaten eingesetzt, die kontinuierlich oder intervallgesteuert die tägliche Futtermittelfütterung zuteilen (BELAY pers. Mitteilung).

2.3.2 Seewasserkultur

An küstennahen Standorten und in Regionen mit begrenzten Süßwasserressourcen werden *Oreochromis niloticus* und andere Tilapienspezies auch in Brack- und Seewasser kultiviert (SURESCH und LINN, 1992). Die zugrunde liegende Euryhalinität, die artspezifisch unterschiedlich stark ausgeprägt ist, wird auf einen marinen Tilapien-Vorfahren zurückgeführt (STEINITZ, 1954). Die Haltung und Mast aller ökonomisch wichtigen Tilapia-Arten in Brack- und Salzwasser ist durch die Fähigkeit der Akklimatisierung an hohe Salzgehalte innerhalb artspezifischer, physiologischer Grenzen möglich. *O. mossambicus*, *O. aureus*, *O. spilurus* und *T. zilli* werden als salztoleranter betrachtet als *O. niloticus* und andere Arten (AL-AMOUDI, 1976b). Die Salztoleranz variiert jedoch auch intraspezifisch. Es wurden beträchtliche Unterschiede innerhalb einer Art festgestellt, die zum einen mit der Zugehörigkeit zu unterschiedlichen Stämmen (CHERVINSKI und HERING, 1973; OSBORNE, 1979) und mit der Haltungstemperatur, dem Alter bzw. dem Körpergewicht, sowie der Methode der Salzadaptation begründet werden (BALARIN und HALLER, 1982; AL AMOUDI, 1987b, WATANABE et al., 1985; VILLEGAS, 1990). Bei schrittweiser Erhöhung der Salinität werden generell höhere Salzkonzentrationen vertragen, als bei direktem Transfer von Süß- in Salzwasser (LOTAN, 1960; CHERVINSKI und HERING, 1973; KADER et al., 1981). Am effektivsten erwies sich die Adaptation in täglichen Schritten von 5 PSU (HOPKINS et al., 1989; WATANABE et al., 1988a). Untersuchungen an *Oreochromis niloticus* und roten Florida-Hybriden (*Oreochromis urolepis hornorum* X *Oreochromis mossambicus*) zeigten, dass die frühstmögliche Konfrontation mit erhöhten Salinitäten die Salztoleranz in Adulttieren steigert (WATANABE, et al., 1985b). Es konnte gezeigt werden, dass die F₁ von Eltern, die in Brackwasser gelaicht hatten, höhere Salztoleranz bewiesen als eine F₁ der gleichen Eltern bei deren Anpaarung in Süßwasser. Hybriden mit einem *O. mossambicus*-Elternteil haben sich allgemein als salztolerant erwiesen (MURRAY und MITSUI, 1982; LIAO und CHANG, 1983).

Als euryhaline Fische haben Tilapien geeignete Mechanismen entwickelt, die sie befähigen, sich an saline Umgebungen anzupassen. Die Adaptation an salziges Wasser umfasst auch strukturelle und funktionelle Veränderungen auf den Kiemen

der Fische, insbesondere eine Erhöhung der Chloridzellen-Anzahl. Diese Veränderungen bewirken eine erhöhte Kalium - Natrium-ATPase-Aktivität und höhere Natrium- und Chloridaustauschraten. Die Hormone Prolactin und Cortisol, sowie Katecholamine und Glukagon steuern die gesamte Adaptation und die Osmoregulation (PRUNET und BORNANCIN, 1989; MANCERA und McCORMIC, 1998; SHEPHERD et al., 1999).

Ein Hauptproblem der Salzwasserkultur von Tilapien ist die höhere Anfälligkeit gegenüber Krankheitserregern, welche hauptsächlich Sekundärinfektionen bei Hautverletzungen auslösen. Hautverletzungen und Schuppenverluste sind in Salzwasser als Folge von Handling- und Haltungsstress häufiger zu beobachten, als in Süßwasser (SURESCH und LINN, 1992). Infektionen mit *Vibrio* und *Aeromonas* spp. sind die Folge (MILLER und BALLANTINE, 1974; VINE, 1980; LIGHTNER et al., 1988).

In bestimmten, artspezifisch unterschiedlichen Salinitätsbereichen wurden bei verschiedenen Tilapienarten bessere Wachstumsraten als in reinem Süßwasser erzielt (CHERVINSKI, 1961a, 1961b; CANAGARATAM, 1966; LIAO und CHANG, 1983). Diese Beobachtung wird damit begründet, dass bei isoosmotischer Umgebung der osmotische Blut-Wasser-Gradient minimal, und damit der Energieaufwand für die Osmoregulation ebenso minimal ist (LOTAN, 1966; FEBRY und LUTZ, 1987). Diese eingesparte Energie steht dem Baustoffwechsel zur Verfügung und kann somit zu besseren Wachstumsraten führen. Eine „erleichterte Adaptation“ an hohe Salzgehalte beobachteten BASHAMOHIDEEN und PARVATHEESSWARARAO (1976) bei wechselnden Energiebilanzen während der Osmoregulation bei verschiedenen zunehmenden Salzkonzentrationen. Dabei postulierten sie, dass eine erfolgte strukturelle, organische Anpassung an einen bestimmten Salzgehalt die Ausgangsbasis für eine weitere Adaptation an einen noch höheren Salzgehalt darstellt. Dies bietet auch eine Erklärung für die bessere Salzverträglichkeit von Tilapien, die schrittweise adaptiert werden gegenüber direkt transferierten Tieren. Weitere Faktoren beeinflussen das Wachstum in Brack- und Salzwasser positiv: WATANABE et al. (1988a) stellten bei roten Florida-Hybriden eine gesteigerte Futteraufnahme sowie einen geringeren Futterkoeffizienten bei einem Salzgehalt von 36 PSU fest. Ausserdem wird das territoriale

Aggressionsverhalten in Salzwasser gedämpft, was sich wiederum positiv auf Futteraufnahme und Futterverwertung auswirkt (WATANABE et al., 1988b).

Die Reproduktion von Tilapien wird durch artspezifisch unterschiedlich hohe Maximalsalinitäten unterdrückt oder stark negativ beeinflusst: *O. niloticus* laichte bei Salzgehalten über 30 PSU in Teichhaltung nicht mehr (FINEMAN-KALIO, 1988), *O. aureus* brütet in der Natur bis 4,3 PSU (PERRY und AVAULT, 1972), in 10%igem Seewasser (~3,5 PSU) sank die Anzahl der Brütlinge pro Gelege auf ein Fünftel des Wertes in Süßwasser (YU und LAY, 1990).

Für die Brütlingsproduktion muss daher in der Brack- und Salzwasserkultur von *O. niloticus* und anderen Tilapiaspezies eine gezielte Managementstrategie verfolgt werden. Entweder wird ein Brutfischbestand in Süßwasser gehalten und die erhaltenen Brütlinge frühstmöglich an höhere Salzgehalte adaptiert (WATANABE, 1985), oder der Brutfischbestand wird in Salinitäten gehalten, die eine Reproduktion noch zulassen, wobei jedoch Einbussen in der Befruchtungs- und Schlupfrate in Kauf genommen werden müssen (WATANABE, et al., 1989a; WATANABE und KUO, 1985). Eine dritte Möglichkeit besteht darin, die Brutfische im Süßwasser anzupaaren, die Eier jedoch in Brackwasser zum Schlupf kommen zu lassen (WATANABE, 1985b). Die Brut kann dann früher in höhere Salinitäten überführt werden, wenn sie die Grösse erreicht hat, in der sie maximale Salzverträglichkeit zeigt. Das Abwachsen der Fische vollzieht sich wie in der Süßwasserkultur in ganz unterschiedlichen Intensitätsstufen. Von der extensiven Haltung in Erdteichen, über Netzkäfige bis hin zur Intensivproduktion in Tanks und Flieskanälen werden alle Haltungs- und Managementsysteme auch in der Salzwasserkultur herangezogen (FINEMAN-KALIO, 1988; AL-AHMAD et al., 1988).

Die extensive und semi-intensive Produktion in Brackwasserteichen wird auch als Polykultur mit räuberischen Fischen - sogenannten Feindfischen - wie Zackenbarsche (*Epinephelus* spp.) oder Baramundi (*Lates niloticus*) zur Eindämmung der unkontrollierten Vermehrung und Verbutterung der Tilapienbestände betrieben (MANZANO, 1990). Über Polykultur mit *Peneus monodon* berichteten GONZALEZ-CORRE (1988) und MERIWETHER et al. (1984), jedoch handelte es sich in beiden Fällen um experimentelle Versuchskulturen.

2.3.3 Synchronisierung in Theorie und Praxis

Die wichtigsten Faktoren, welche die Lebenszyklen von Fischen beeinflussen, sind Tageslänge und Wassertemperatur, und dies um so mehr, je weiter sich der Lebensraum vom konstanten (bezüglich Tageslichtlänge und Temperatur) äquatorialen und äquaturnahen Bereich entfernt. Aber auch unter konstanten äquatorialen Bedingungen unterliegen Fische äußeren und inneren Stimuli, die den Lebensablauf und die Reproduktionzyklen bestimmen.

Seit BAKER (1938) unterscheidet man bei den äußeren Stimuli "unmittelbare" Faktoren (proximate factors), die z.B. das Wachstum der Gonaden oder das Einsetzen von Brutpflegeverhalten bestimmen, und "ausschlaggebende" Faktoren (ultimate factors), wie das Vorhandensein von Nahrung und günstige Wachstumsbedingungen, die das Überleben der Jungen sichern. Bei vielen Salmoniden beispielsweise wirkt eine abnehmende oder kurze Tageslänge gemeinsam mit den Temperaturen des Spätsommers und Herbstes als unmittelbarer Faktor, der Gonadenwachstum und das Ablachen auslöst. Wärmere Temperaturen, steigende Wasserstände und höhere Nahrungsabundanz im Frühjahr und Frühsommer sind die ausschlaggebenden Faktoren, die eine schnelle seewärtsgerichtete Wanderung und ein schnelles Wachstum der Jungfische auslösen (LAM, 1983).

Innere Stimuli - oder endogene Rhythmen - können abseits von sich zyklisch ändernden Umweltfaktoren die Fortpflanzung beeinflussen. Sie werden auch als "biologische Uhren" bezeichnet und in circadiane und circaannuale Rhythmen eingeteilt. Charakteristisch für sie ist, daß sie einen "Zeitgeber" benötigen, um den Rhythmus beibehalten zu können. Solche Zeitgeber sind wiederum exogene Umweltfaktoren.

Die unterschiedlichen Reproduktionsphasen verschiedener Fischarten benötigen auch unterschiedliche exogene Stimuli als Zeitgeber und „proximate factors“ (LAM, 1983). So kann man grob zwischen a) Gametogenese und b) Laichverhalten differenzieren.

a) Gametogenese

Die exogenen Einflüsse auf die Gametogenese können sich bei Arten aus gemäßigten und subtropischen Breiten von denen tropischer Arten unterscheiden. Bei Arten gemäßigter Breiten spielt die Tageslänge eine wichtige Rolle, aber auch dem Lichtspektrum und der Lichtintensität werden eine Bedeutung zugemessen (McINNEREY und EVANS, 1970; SHIRASHI, 1965). Die Einflüsse der Temperatur können mit der Tageslänge assoziiert sein (Erwärmung des Wassers bei längerer Sonneneinstrahlung), dies muß jedoch nicht der Fall sein. Der Stichling beispielsweise wird durch lange Photoperioden unabhängig von warmen oder kalten Wassertemperaturen zur geschlechtlichen Reifung angeregt (BAGGERMANN, 1980). Ebenso ist ein Vertreter subtropischer Fische, der Indische Wels *Heteropneustes fossilis* bezüglich der Gonadentätigkeit gegenüber Licht- und Temperatureinflüssen empfänglich, wobei jedoch der Einfluß der Temperatur offensichtlich wichtiger ist (SUNDARARAY und VASAL, 1976). Außerdem wird ihm bei der Steuerung des Reproduktionszyklus ein endogener Einfluß zugesprochen (SEGAL und SUNDARARAY, 1970; SUNDARARAY und VASAL, 1976). Tropische Fischarten sind geringeren Tageslängen- und Temperaturschwankungen ausgesetzt, obgleich die Temperatur mit den Trocken- und Regenzeiten variieren kann. Daher haben viele tropische Arten eine ausgedehnte oder das ganze Jahr über andauernde Brutsaison, wie beispielsweise die tropisch vorkommenden Tilapia-Arten. Auch bei solch ausgedehnter Vermehrungstätigkeit gibt es Zeiten, in denen sich die Laichereignisse gegenüber dem Jahresdurchschnitt häufen. Die Ursachen solcher Peaks werden oft mit saisonalen Regen- oder Flutzeiten in Verbindung gebracht (HYDER, 1969; HYDER, 1970; LOWE-McCONNEL, 1975). Über die eigentlichen Schlüsselfaktoren dieser Peaks ist wenig bekannt, jedoch wird davon ausgegangen, daß bei den meisten Spezies die Bedingungen, die mit Regen- und Flutzeiten assoziiert sind, weniger die Gametogenese als vielmehr die finale Reifung und das Ablachen induzieren (Hyder, 1970; SCHWASSMANN, 1978). Der Photoperiode wird für die meisten tropischen Fischarten wenig Bedeutung als Einflußfaktor zugemessen (SCHWASSMANN, 1978). Dies ist auch bei einem *Oreochromis mossambicus*-Stamm aus Singapur der Fall (POON, 1980). Im Experiment

beeinflussten unterschiedlichste Tageslängen nicht den Eintritt der Geschlechtsreife. Der Eintritt der Geschlechtsreife und das erste Ablachen erfolgten auch bei kontinuierlicher Beleuchtung und bei kontinuierlicher Dunkelheit. Dies legt zumindest für das Eintreten der Geschlechtsreife einen endogenen Steuerungsmechanismus nahe. Der Einfluß der Photoperiode auf die postpubertäre Gonadenaktivität wurde in dieser Arbeit nicht untersucht. Bei *Oreochromis leucostictus* konnte bei Feldbeobachtungen unter äquatorialen Bedingungen die Temperatur und die Lichtintensität mit Peaks in der Vermehrungstätigkeit in Zusammenhang gebracht werden (HYDER, 1969; HYDER, 1970). Bei *Tilapia zillii* dagegen verzögerte hohe Lichtintensität im Experiment das Eintreten der Geschlechtsreife (CRIDLAND, 1962). Temperatureinflüsse auf die Vermehrung von Tilapien sind jedoch vielfach belegt (TERKATIN-SHIMONY et al., 1980).

Auch soziale Faktoren zählen zum Bereich der Umwelteinflüsse, die Auswirkungen auf die Fortpflanzung haben können. Bei *Oreochromis mossambicus* unterstützen soziale Faktoren die Gonadenreifung. Die Wiedergabe von Lautäusserungen männlicher Tiere zog das Laichereignis von separat gehaltenen Weibchen um ca. zehn Tage vor, was darauf schliessen läßt, daß die ovarielle Reifung und die Ovulation durch die Laute der vermeintlichen Männchen beschleunigt wurden (MARSHALL, 1972). Einzeln gehaltene weibliche Tiere, die keinen optischen Kontakt zu anderen *O. mossambicus* gleichen Alters hatten, kamen zehn Tage später zur ersten Laichabgabe als Kontrolltiere (SILVERMAN, 1978). Die Gründe dafür könnten in einer verzögerten Ovulation bzw. Oviposition zu finden sein, aber auch eine verzögerte ovarielle Reifung könnte in Frage kommen. Da die isolierten Tiere schneller an Gewicht zunahmten als die Kontrolltiere, ging SILVERMAN von der letzteren Annahme aus und begründete dies mit einer Energieersparnis durch die verzögerte Ovarienentwicklung. Der GSI der Tiere, der dazu eindeutiger Befunde liefern könnte, wurde in dieser Studie nicht untersucht.

b) Laichverhalten

Das Ablaichen setzt beim weiblichen Fisch die gonadale Reifung (einschliesslich der Vitellogenese) , die finale Eireifung und die Ovulation voraus und wird mit der Oviposition abgeschlossen (LAM, 1983). Beim männlichen Fisch umfasst das Laichen Spermiation und Spermienabgabe. Alle diese Einzelschritte können einzelne Schlüsselreize aus der Umwelt beanspruchen (LAM, 1983; SCOTT, 1979). Bei Arten aus gemässigten Zonen ist wiederum die Temperatur ein wichtiger Faktor bei der Induzierung des Laichgeschehens (LAM, 1983). Weitere Faktoren bei nicht-tropischen Arten sind beispielsweise das Vorhandensein von Laichvegetation für den Goldfisch (STACEY et al., 1979), Wasserströmung für die Elritze *Phoxinus phoxinus* (SCOTT, 1979) und hohe Sauerstoffkonzentrationen für den Karpfen *Cyprinus carpio* (BILLARD und BRETON, 1978). Bei tropischen und subtropischen Arten können Regenfälle, Überschwemmungen oder Mondphasen eine Rolle bei der Induktion des Laichgeschehens spielen. Sind Regenfälle der laichstimulierende Faktor, dann können jedoch unterschiedliche eigentliche Auslöser für das Ablaichen in Frage kommen. Ausgeschwemmte Bodeneinhaltsstoffe (Lake, 1967), Absinken der Wassertemperatur, Abfall der Leitfähigkeit, Anstieg des Sauerstoffgehalts und pH-Wert-Änderungen (SINHA et al., 1974; BRUTON, 1979) wurden diskutiert. Auch bei *Oreochromis niloticus* wurde an äquatorialen Standorten, an welchen eine ganzjährige, kontinuierliche Reproduktion stattfindet, noch ein Anstieg in der Zahl der brütenden Weibchen in der Regenzeit beobachtet (LOWE-McCONNEL, 1958). Bei *Oreochromis karongae*, einer im Malawi-See endemischen Art, die eine ausgeprägte Saisonalität im Brutgeschäft zeigt, konnten exogene Einflüsse wie Regenfälle, Sonneneinstrahlung, Maximaltemperatur und Wasserstandshöhe als wichtige Faktoren nachgewiesen werden (TREWAVAS, 1983; TURNER und ROBINSON, 1991; MSISKA und COSTA-PIERCE, 1997).

Auch beim Laichen und den einleitenden Vorgängen wie finale Eireife und Ovulation, spielen offenbar soziale Faktoren eine Rolle (LILEY et al., 1983). Beim Goldfisch wurden sowohl stimulierende als auch dämpfende Auswirkungen von sexuell aktiven Tieren auf andere Tiere festgestellt (YAMAZAKI, 1965; KYLE et al. 1982). Ebenso konnte bei *Oreochromis niloticus* beobachtet werden, daß sexuell reife, dominante

weibliche Tiere, die mit anderen Weibchen in einem Aquarium gehalten wurden, die sexuelle Reifung dieser Tiere zu unterdrücken schienen (MÜLLER-BELECKE, persönliche Mitteilung). Dagegen konnte bei einer anderen Cichlidenart, *Aequidens portalegrensis* das Ablaichen bei isoliert gehaltenen Weibchen nur durch einen Spiegel, in dem das Tier sich selbst sehen konnte, ausgelöst werden (POLDER, 1971). Viele Arten zeigen einen circadianen Rhythmus im Ablaichverhalten, das heisst, sie laichen immer zu einem bestimmten Zeitpunkt oder einer bestimmten Tageszeit ab. Bei den meisten Arten geschieht dies am Tage; beim Zebrabärbling kurz nach Tagesanbruch, beim Regenbogencichliden *Heterotilapia multispinosa* 6 Stunden nach dem Beginn der Photoperiode. *Oreochromis niloticus* laicht nach ca. 10 bis 12 Stunden Lichteinwirkung (ROTHBARD und PRUGININ, 1975). Andere Arten laichen dagegen bei Einbruch der Dämmerung oder bei Nacht, wie zum Beispiel der Milchfisch *Chanos chanos* (LAM, 1983). Die Steuerung dieser Rhythmik geschieht offensichtlich durch das Einsetzen der Licht- oder Dunkelphase, da sie experimentell bei einigen Arten durch konstante Helligkeit oder konstante Dunkelheit gestört werden konnte (BROWN und MARSHALL, 1978). Ein endogener Rhythmus scheint also hier und vielleicht generell nicht zu Grunde zu liegen.

Die Rückentwicklung der Gonaden ist insbesondere bei Fischen mit saisonalem Laichverhalten Bestandteil des Reproduktionszyklus. Aber auch tropische Arten, die bei konstanten Bedingungen das ganze Jahr über laichen, stellen die Reproduktion ein und zeigen eine Regression der Gonaden, wenn diese Bedingungen nicht mehr erfüllt sind. Speziell die Temperatur spielt z.B. bei *Oreochromis aureus* eine wichtige Rolle: Sinkt sie unter 20° C, kommt es zu einer Rückentwicklung der Gonaden und einer Einstellung der Reproduktion (TERKATIN-SHIMONY et al., 1980). Auch die Salinität ist für manche Fischarten ein ausschlaggebender Faktor bezüglich der Gonadenentwicklung. Besonders bei Arten, die in Gewässern mit geringer Leitfähigkeit vorkommen, wie z.B. der Neontetra *Paracheirodon innessi*, führt ein Anstieg der Salinität zu Gonadenregression (TAY, 1983). Für die euryhalinen Tilapien trifft dies -artspezifisch unterschiedlich- erst bei stärkerer Erhöhung der Salzkonzentration zu (SURESH und LIN, 1992; FINEMAN- KALIO, 1988; BALARIN und HALLER, 1982; PERRY und AVAULT, 1972).

In einer Studie zu Synchronisierungsmöglichkeiten bei *Oreochromis niloticus* wurde neben Hormonbehandlungen auch die Möglichkeiten der Laichinduktion durch Veränderungen der Haltungstemperatur untersucht (SRISAKULTIEW und WEE, 1988). Zu diesem Zweck wurden zwei Versuchsreihen mit Fischen durchgeführt, die sich bezüglich der Laichreife auf ähnlich weit fortgeschrittenem Stadium befanden. In der ersten Versuchsreihe wurde die Auswirkung längerfristiger (ein bis drei Wochen) Abkühlung auf den zeitlichen Verlauf der Laichbereitschaft der jeweiligen Versuchsgruppe untersucht. Eine Synchronisierung der Laichbereitschaft konnte nach dieser Behandlung bei keiner der Gruppen festgestellt werden. In der zweiten Versuchsserie zur Untersuchung kurzfristiger Abkühlung des Haltungswassers zeigten behandelte Gruppen eine 10 bis 25%ige Erhöhung der Laichbereitschaft gegenüber der Kontrollgruppe. Eine Synchronisation der Fische innerhalb einer Gruppe konnte jedoch nicht erzielt werden, und das, obwohl die Tiere vor der Abkühlung ebenso wie in der ersten Versuchsreihe einen ähnlichen Reifegrad aufwiesen. Zumindest eine Tendenz konnte durch diese Versuchsreihe jedoch gezeigt werden.

Untersuchungen bei *Oreochromis karongae* zu klimatischen und anderen äusseren Einflussfaktoren in Brutteichen und bei Feldbeobachtungen, liessen signifikante Einflüsse von Jahreszeit, Sonneneinstrahlung, Regenfällen, Maximaltemperaturen und Wasserständen bezüglich der Produktion von Brütlingen (MSISKA und COSTA-PIERCE, 1997; TREWAVAS, 1983) erkennen. Die Überlegung, durch Nachzucht in Kultur die im Malawi-See unter starken fischereilichen Druck geratene endemische Art vor dem Aussterben zu bewahren, führte zu Versuchen in Brutteichen und Netzkäfigen, die Aufschluß über die Fortpflanzung dieser Art geben sollten. *Oreochromis karongae* weist durch die südliche Lage seines Standortes eine deutliche Saisonalität in der Reproduktionsaktivität auf. Nur von November bis Februar konnte eine Vermehrung beobachtet werden. In dieser Zeit konnten in Domasi, dem Ort der Forschungsstation, die höchsten Luft- und Wassertemperaturen des Jahres gemessen werden, außerdem war zu dieser Zeit Regenzeit (beginnend im November), und es konnte die höchste Sonnenscheinintensität im Jahresverlauf gemessen werden. Die Dauer der Sonnenstrahlung in Stunden pro Tag war jedoch in der Regenzeit kürzer als im Jahresmittel (Wolkenbedeckung); im Oktober - also vor

dem Einsetzen des Regens - war sie am längsten, im Februar - dem Monat mit der höchsten Niederschlagsmenge - am niedrigsten. Die Ergebnisse zeigten eine maximale Brüttings-Produktion bei maximaler Sonnenstrahlung, Wassertemperatur und Niederschlägen. Ausserdem konnte gezeigt werden, dass die Tiefe des Brutteiches eine Rolle in der Produktion von Brütlingen spielt. In 1,20 m tiefen Teichen war - bei gleicher Teichfläche und gleichem Flächenbesatz - die Anzahl an Brütlingen pro m² mit 11 eindeutig höher als in 0,80 m tiefen Teichen mit 7. Ob dies auf eine höhere Anzahl an Laichereignissen oder höherer Eizahl pro Laichereignis in den tieferen Teichen oder einer besseren Überlebenschance der Brütlinge im größeren Wasserkörper der tieferen Teiche zurückzuführen ist, wurde in dieser Studie nicht weiter untersucht. Durch die Kombination eines Lichtprogramms mit einem bestimmten Fütterungsregime konnte PUCKHABER (1992) bei *O. niloticus* eine Synchronisationsrate von durchschnittlich 72 % in sieben Tagen erzielen, wobei das Ablachen im Mittel aller Beobachtungen nach 3,5 Tagen erfolgte. Hierzu wurde eine Gruppe von weiblichen Laichfischen 28 Tage einem Tag/Nacht-Rhythmus von 6 Stunden Licht und 18 Stunden Dunkelheit unterworfen und in dieser Zeit mit proteinreduziertem Futter (35% Rohprotein) bei einer täglichen Rationierung von 2% des Körpergewichts gefüttert. Nach 28 Tagen wurde der Tag/Nacht-Rhythmus auf 12 Stunden Licht/12 Stunden Dunkelheit umgestellt und mit einem proteinreichen Futter (50% Rohprotein) 4 mal täglich ad libitum gefüttert. Unter diesen Bedingungen wurde acht Tage lang die Laichbereitschaft der weiblichen Tiere in Gegenwart eines männlichen Tieres (1 : 1 Anpaarung in 150 l Aquarien) beobachtet, und dabei bei durchschnittlich 72% der Weibchen einer Gruppe erfolgreiches Laichverhalten registriert.

3. Eigene Untersuchungen

3.1 Zielsetzung

Bei Buntbarschen der Gattung *Oreochromis*, deren wichtigster Vertreter bezüglich der Speisefischproduktion *Oreochromis niloticus* ist, konnte bisher nicht mit synchronisierten Laichfischbeständen gearbeitet werden.

Synchronisierte Laichfischbestände von *Oreochromis niloticus* würden einerseits in intensiven Zuchtbetrieben die Produktion durch die Reduktion des erforderlichen Brutfischbestandes, durch verminderten Beobachtungsbedarf und zeitlich komprimierten Arbeitsaufwand, erheblich erleichtern und andererseits in der Forschung den Bedarf an zeitlich genau terminierten, grossen Eizahlen einfacher erfüllen lassen. Generell würden synchronisierte Laichfischbestände jegliche Züchtungsarbeit aus den oben erwähnten Gründen erleichtern.

Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit war die Untersuchung der Einsatzmöglichkeit und Wirksamkeit natürlicher Umweltfaktoren zur gezielten Steuerung der Ablachbereitschaft bei Laichfischbeständen.

Im Einzelnen umfasste das Forschungsvorhaben:

- die Untersuchung der zeitlichen Steuerung der Ablachbereitschaft von *O. niloticus* durch gezielte Veränderungen der Haltungsumwelt, und zwar der Wasserparameter
 - Härte
 - Temperatur
 - Salinität
 - Azidität
- darauf aufbauend die Entwicklung einer Methode zur Erzielung einer möglichst hohen Synchronisierungsrate und einer hohen Ausbeute an Brütlingen
- eine erste Überprüfung einer potentiellen genetischen Prädisposition für Synchronisatoren

3.2 Material und Methoden

3.2.1 Versuchstiere

Für die Untersuchungen standen Laichfische aus zwei Herkünften der Art *Oreochromis niloticus* L. zur Verfügung:

- *Oreochromis niloticus* der Herkunft „Lake Manzala“ (Ägypten)

Von dieser Herkunft wurden zwei Linien eingesetzt:

„Manzala I“: Tiere späterer Generationen von Wildfängen, die über das Institute of Aquaculture in Stirling (Schottland) zum Institut für Tierzucht und Haustiergenetik der Universität Göttingen gelangten.

„Manzala II“: F₁-Nachkommenschaft zweier im Institut für Tierzucht und Haustiergenetik entwickelter homozygoter Linien (MÜLLER- BELECKE, 1997). Es waren dies Fische des gleichen Genotyps, von welchen generell eine uniformere Leistung bezüglich verschiedenster Merkmale (Wachstum, Gonadenentwicklung, etc.) als bei Tieren unterschiedlichen Genotyps innerhalb einer Population, erwartet wurde. Eine signifikant unterschiedliche Synchronisierbarkeit dieser Fische im Gegensatz zu den Fischen der Linie Manzala I sollte erste Rückschlüsse auf endogene, genetisch festgelegte Faktoren bezüglich der Empfänglichkeit für die getesteten Einflussgrößen (genetische Prädisposition) zulassen.

- *Oreochromis niloticus* der Herkunft „El Molo“ (Lake Rudolph, Kenia)

Von dieser Herkunft wurde eine Linie eingesetzt:

„El Molo I“: Tiere späterer Generationen von Wildfängen, die über die Baobab-Farm bei Mombasa (Kenia) zum Institut für Tierzucht und Haustiergenetik gelangten (OLDORF et al., 1989).

3.2.2 Apparative Ausstattung und Versuchsumwelt

3.2.1.1 Apparative Ausstattung

Das Forschungsvorhaben wurde am Institut für Tierzucht und Haustiergenetik der Universität Göttingen durchgeführt. Zur Durchführung der Untersuchungen standen zwei Warmwasserkreislaufanlagen mit 47 m³ bzw. 35 m³ Gesamtwasservolumen (KRONERT, 1987), ein spezieller Inkubator zur Erbrütung von Tilapieneier (HABITZKY-BIESTER, 1987), eine Anfütterungseinheit für Brütlinge (MÜLLER-BELECKE, 1997), sowie die gesamte Ausstattung des Wasseranalytiklabors zur Verfügung.

Der 47 m³ - Kreislauf diente zur Haltung der Elterntiere und zur Durchführung der Versuche. Diese Anlage umfasste neben 12 Glasfaserkunststoff-Becken (700 l Volumen, 20 l/min Wasserzulauf) und drei GFK-Langstromrinnen (1300 l Volumen, 40 l/min Wasserzulauf) zur Haltung unterschiedlicher genetischer Gruppen von Elternfischen, 26 unterteilbare Glasaquarien (360 l Volumen, 9l/min Wasserzulauf) zur gezielten Beobachtung weiblicher Elterntiergruppen und zur Einzelfischhaltung.

Der zweite Warmwasserkreislauf (35 m³ Gesamtvolumen) zur Aufzucht einzelner Nachkommengruppen, umfasste 180 identische Glasaquarien sowie zehn GFK-Becken. Er wurde im Zuge der vorliegenden Arbeit nur zur Aufzucht der „Mansala II“-Linie genutzt.

Auch die Anfütterungseinheit wurde nur einmal für die „Mansala II“-Linie verwendet. Sie umfasste, in zwei Kreisläufe unterteilt, zahlreiche 2 l Plexiglasaquarien (maximal mit 192 Aquarien bestückbar) zur getrennten Anfütterung unterschiedlicher Brütlingsgruppen.

Der Inkubator, speziell zur Erbrütung von Tilapieneiern entwickelt (HABITZKY-BIESTER, 1987), wurde eingesetzt, um Befruchtungs-, Schlupf- und Schwimmraten der während der Versuchsserien erhaltenen Eier bzw. Larven zu ermitteln. Er umfasste insgesamt 120 Stellplätze, so dass maximal 120 Eiportionen von unterschiedlichen Anpaarungen gleichzeitig erbrütet werden konnten.

3.2.2.2 Versuchskreisläufe

Zur gezielten Steuerung definierter Wasserparameter wurden aus dem 47 m³ - Kreislauf neun, bzw. im letzten Abschnitt der Arbeit zwölf Aquarien ausgekoppelt und je drei dieser Becken zu einem Kleinkreislauf geschaltet. So entstanden drei bzw. vier voneinander unabhängig steuerbare Kreisläufe, die je nach Versuchsabschnitt aus zwei Haltungsbecken und einem Filterbecken bzw. aus einem Haltungsbecken und zwei Filterbecken bestanden (siehe Abbildung 4). Die Kreisläufe zur Steuerung der Umweltbedingungen wurden als Kreislauf A und Kreislauf C bezeichnet, die Kontrollkreisläufe als Kreislauf B und D. Es bestand zu jeder Zeit die Möglichkeit der Reintegration der Kleinkreisläufe in den Gesamtkreislauf.

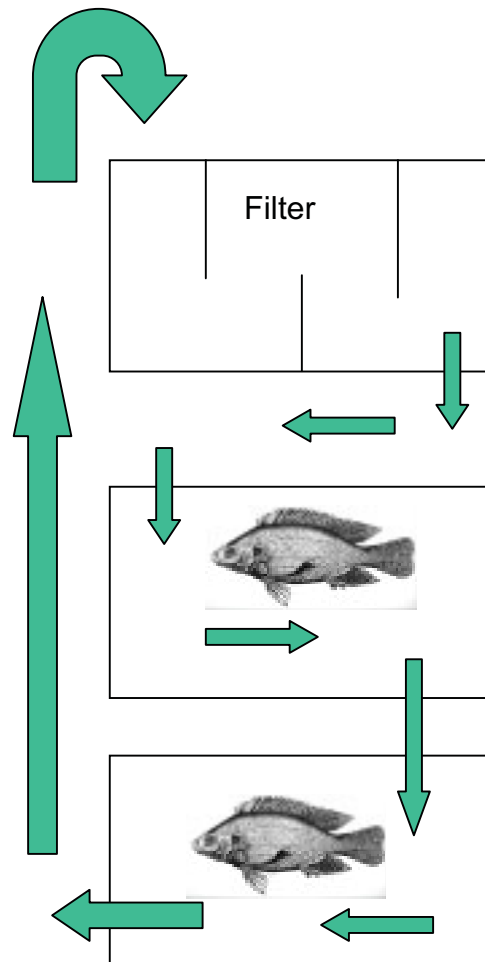


Abbildung 4: Schematische Darstellung eines Versuchskreislaufs für die Gruppenhaltung. Pfeile geben die Strömungsrichtung des Kreislaufwassers wieder. Für die Einzeltierhaltung wurden die Haltungsbecken mit Trennwänden in 6 gleich große Kammern aufgeteilt.

Die Haltungsbecken konnten durch Trennwände, welche Sicht-undurchlässig waren, in sechs gleichgrosse Kammern zur Einzelhaltung und -beobachtung unterteilt werden. Diese Einzelhaltung wurde in den Versuchen H-5, S-12, S-13 und pH-1 (siehe Kapitel 3.2.3.7 und Tabelle A1 im Anhang) zur Ausschaltung eventuell störender, sozialer Faktoren wie aggressionsbedingtes, rezessives bzw. dominantes Verhalten, eingesetzt.

Grundsätzlich waren zwei Kreislaufbetriebssysteme, die zeitlich nacheinander eingerichtet wurden, zu unterscheiden:

a) Versuchskreisläufe zur gezielten Veränderung der Haltungsumwelt im Süßwasser

Für die Versuche im Süßwasser wurden pro Kleinkreislauf zwei Aquarien als Haltungsbecken und ein Aquarium als Filterbecken eingesetzt. Zwei Kreisläufe dienten zur Durchführung der Versuche, der dritte als Kontrollkreislauf, bei welchem der jeweils zu untersuchende Parameter nicht verändert wurde. Der Besatz pro Haltungsbecken lag mit maximal 12 Fischen bei einem Durchschnittsgewicht von maximal 0,8 kg bei maximal 27 kg/m³. Bezogen auf das Gesamtvolumen eines Kleinkreislaufes mit einem Volumen von 1080 l ergibt sich eine Besatzdichte von maximal 18 kg/m³. Diese Besatzdichte wurde bei Versuchsgruppen, die sich aus kleineren Tieren rekrutierten, noch deutlich unterschritten.

Zur mechanischen und biologischen Wasserreinigung wurde das oberste der drei in einer Säulenformation stehenden Aquarien zu einem Mehrkammerfestbettfilter umgebaut (Abbildung 4). Dessen erste Kammer war mit auswaschbarer Filterwatte zur mechanischen Vorreinigung bestückt; diese Füllung wurde regelmässig entnommen und ausgewaschen oder ersetzt. Die zweite Kammer war mit groben Spritzgussabfällen aus PVC bestückt, die einerseits der Belebtschlammrückhaltung und andererseits als Besiedelungssubstrat dienten. Die dritte Kammer enthielt poröses, offenporiges Blähtonmaterial, das der Etablierung mikroanaerober Zonen zur Ermöglichung der Denitrifikation dienen sollte. Die vierte Kammer war als nachklärende Sedimentationskammer konzipiert; aus dieser floss das gereinigte Wasser dem Schwerkraftprinzip folgend durch ein Standrohr in die Haltungsbecken.

Mittels einer Tauchkreiselpumpe der Firma Sakem Typ „Wind 4000“ wurde das Wasser aus den Haltungsbecken in das Klärbecken zurückgepumpt.

b) Versuchskreisläufe zur gezielten Veränderung der Salinität bei Brackwasser

Für diese Versuchsserie wurde das Kreislaufwasser mit Meersalz (Red Sea Corall-Reef Salt) zunächst auf ca. 25 PSU (Practical Salinity Units = ‰) aufgesalzt. Die Biologie in den Filtersystemen reichert sich nach und nach mit salztoleranten Mikroorganismen an (aus Dauerstadien aus dem zugegebenen Meersalz) und die Reinigungsleistung stieg nach circa drei Wochen an. In dieser Zeit wurden die Kreisläufe ohne Besatz betrieben. In Vorversuchen stellte sich heraus, dass die Leistungsfähigkeit der Filter im Brackwasserbetrieb für die Besatzdichte von 18 kg/m³ nicht ausreichend war. Daher wurden die Versuche zum Einfluss der Salinität nur mit 12 Fischen pro Kreislauf durchgeführt. Während der Versuche zur Gruppenhaltung wurde nur das mittlere Becken mit Fischen besetzt während das untere Haltungsbecken durch Bestückung mit Filterwatte zu einem zweiten Filterbecken umgestaltet wurde. Während der Versuche zur Einzelhaltung waren beide Haltungsbecken mit jeweils sechs von einander getrennten Fischen besetzt. Die Belastung des Kreislaufwassers wurde somit durch die Halbierung des täglichen Futtereintrags und durch den zeitweise installierten zusätzlichen Filter deutlich reduziert.

3.2.3 Arbeitskonzept

3.2.3.1 Wasseranalytik

Tabelle 4 gibt eine Übersicht über die durchgeführte Wasseranalytik. Die Stickstoffanalytik wurde mit der Testserie Nanocolor der Firma Macherey und Nagel, Carbonat- und Gesamthärtetests mit Visocolor (Macherey und Nagel) und die pH-Wert-Erfassung mit der Flüssigreagens Unisol 410 (ebenfalls Macherey und Nagel) durchgeführt.

Temperatur und Salinität wurden mit elektronischen Taschenmessgeräten der Firma WTW, Weilheim erhoben.

Tabelle 4: Übersicht über die durchgeführte Wasseranalytik

Analyse	Art	Häufigkeit	Versuchsdurchgang
Temperatur	Handmessgerät	Täglich	alle
pH	Flüssigreagens	Täglich	alle
Salinität	Handmessgerät	Täglich	Brackwasservers.
Nitrit	Photometrisch	Wöchentlich	alle
Nitrat	Photometrisch	Wöchentlich	alle
Ammonium	Photometrisch	Wöchentlich	alle
Sauerstoff	Handmessgerät	Täglich	alle
Carbonathärte	Flüssigreagens	Wöchentlich	Härteversuche
Gesamthärte	Flüssigreagens	Wöchentlich	Härteversuche

Zur Aufrechterhaltung der notwendigen Wasserqualität wurde bei allen Versuchskreisläufen ein regelmässiger (wöchentlich) Teilwasserwechsel von 100 l (\cong 30% des Gesamtwasservolumens) durchgeführt.

3.2.3.2 Fisch-Handling

Während der Versuche zum Einfluss der verschiedenen Wasserparameter wurden die Fische unterschiedlich lange mit veränderten - bezüglich der Reproduktion suboptimalen - Wasserwerten konfrontiert und dann abrupt einem Wasserwechsel mit Wasser aus dem Grosskreislauf der Institutsanlage, das die in Tabelle 5 angegebenen Standardwerte aufwies, unterzogen. Von diesem Stimulus wurden Auswirkungen auf die Laichbereitschaft erwartet und in einer 7-tägigen Beobachtungsphase, die sich jeweils an eine Phase mit veränderten Parametern anschloss, eruiert.

Tabelle 5: Mittelwerte und Standardabweichung (in Klammern) der Wasserparameter während der Testserien. Hervorgehobene Felder zeigen die Werte der variierten Testparameter.

	Salinität [PSU]	Härte [° GH]	Temperatur [° C]	Azidität	NO ₂ [mg/l]	NO ₃ [mg/l]	NH ₄ [mg/l]
Grosskreislauf	0.2 (0.1)	9.4 (0.7)	28.0 (0.4)	6.6 (0.5)	0.6(0.3)	81 (39)	0.4 (0.2)
Salinitätstests	15 – 25	-	28.0 (1.1)	6.7 (0.7)	0.3(0.3)	199(110)	0.8 (0.7)
Kontrolle Salin.	0.2 (0.1)	9.5 (0.5)	28.4 (0.9)	6.3 (0.4)	0.3(0.2)	243 (92)	0.3 (0.2)
Härtetests	0.4 (0.1)	20 – 40	29.1 (1.2)	6.3 (0.5)	0.6(0.4)	100 (51)	2.2 (2.2)
Kontrolle Härte	0.2 (0.1)	9.5 (0.7)	29.0 (0.6)	6.3 (0.3)	2.1(1.1)	120 (50)	1.3 (1.0)
Temp.-tests	0.2 (0.1)	9.4 (0.6)	18 – 28	6.8 (0.3)	0.2(0.1)	122 (43)	0.2 (0.1)
Kontrolle Temp.	0.2 (0.1)	9.5 (0.5)	28.4 (0.9)	6.7 (0.3)	0.3(0.1)	252 (90)	0.3 (0.1)
pH -tests	0.2 (0.1)	-	29.0 (0.4)	5.0 – 7.0	-	-	-
Kontrolle pH	0.2 (0.1)	-	28.8 (0,6)	6.8 (0.4)	-	-	-

In den Kontrollgruppen wurden die zu untersuchenden Parameter (Härtegrad, Salinität, ect.) während der Behandlungszeit nicht verändert, jedoch wurde der jeweilige Kontrollkreislauf in dieser Zeit geschlossen betrieben (Batch-Betrieb), um gleiche Nebenbedingungen (z. B. Akkumulation von nicht abbaubaren Futter- und Kotbestandteilen) wie in den Versuchskreisläufen zu erreichen. Nach dieser Batch-Phase wurde ebenso wie bei den Versuchsgruppen auf Durchlaufbetrieb mit Wasser aus der Grosskreislaufanlage umgestellt und die Tiere 7 Tage lang beobachtet.

Bei den Versuchen zum Einfluss der Salinität musste die Adaptation der Fische an hyperosmotische Verhältnisse schrittweise erfolgen. Ausgehend vom direkten

Transfer in Brackwasser mit 10 PSU Salinität, hatten sich in Vorversuchen weitere Steigerungen in täglichen 5 PSU- Schritten bis zum Erreichen der maximalen Salinität von 20 bzw. 25 PSU als praktikabel erwiesen. Der Transfer von Brack- in Süßwasser war unproblematisch und konnte übergangslos erfolgen. Da sich die Mikroorganismen in den Filtersystemen nicht an grosse osmotische Schwankungen anpassen konnten, wurden während der Brackwasser-Versuchserie in der Zeit der Süßwasserphase zwei Strategien zur Schonung der Mikroflora angewendet. Entweder wurden die Fische aus den Haltungsbecken in freie Aquarien des Gesamtkreislaufes gesetzt und die Kleinkreisläufe in dieser Zeit ohne Besatz betrieben, oder der Filter wurde aus dem Kleinkreislauf abgekoppelt und mittels einer zusätzlichen Pumpe in sich kurzgeschlossen, während die Haltungsbecken nach Austausch des Seewassers mit Süßwasser in den Grosskreislauf reintegriert wurden und daher die Fische nicht umgesetzt werden mussten.

3.2.3.3 Feststellung der Laichreife und Gewinnung der Gonadenprodukte

Während der gesamten Versuchszeit wurden die Fische in jedem Aquarium – also sowohl in den Versuchskreisläufen als auch im Kontrollkreislauf - täglich auf Laichbereitschaft überprüft. Die Laichbereitschaft war leicht an der stark vergrößerten Genitalpapille, aber auch an gesteigertem Aggressionsverhalten gegenüber den anderen Beckeninsassen und oft an der veränderten Körperfärbung erkennbar. Ein als laichreif erkannter Rogner wurde aus dem Aquarium herausgefangen, betäubt und durch kaudalwärts gerichtete Massage der Bauchregion gestreift. Die Betäubung erfolgte mit Monophenylglycoether, von dem ca. 10 ml in 5 l Wasser in einem Eimer gelöst, eine Betäubungslösung von ca. 0,2% ergab. Zu diesem Zeitpunkt wurden das Gewicht des Tieres, das Gelegegewicht und das Streifdatum erfasst. Das Spermium zur Befruchtung der Eier, konnte jederzeit von separat gehaltenen Milchnern ebenfalls durch kaudalwärts gerichteten Streifen der Bauchregion und gleichzeitiges Saugen mit einer direkt auf die Genitalpapille aufgesetzten Pipette gewonnen werden. Eier und Spermium wurden zunächst getrennt in physiologischer Kochsalzlösung zur Verhinderung der Eiquellung bzw. der Motilitätsaufnahme der Spermien aufbewahrt.

3.2.3.4 Befruchtung und Erbrütung

Von den durch Streifen gewonnenen Eiern wurde jeweils eine Stichprobe mit dem gestreiften Sperma befruchtet. Die nicht besamten Eier wurden gezählt und anschliessend verworfen. Ihre Anzahl wurde zu der Zahl der inkubierten Eier – welche erst einen Tag nach der Befruchtung ermittelt wurde – addiert und somit die Gesamteizahl, also die Gelegegrösse bestimmt.

Zur Beurteilung der Eiqualität wurden die befruchteten Eier im Brutschrank unter Standardbedingungen (28° C Wassertemperatur, optimale Sauerstoffversorgung und optimale Bewegung) in einem Doppelansatz in Brutgläsern inkubiert. Einen Tag nach dem Streifen waren die Eier gegenüber vorsichtiger Aufnahme in eine Glaspipette unempfindlich und konnten gezählt werden. In jedem Brutglas wurden 150 Eier abgezählt und weiterinkubiert, die restlichen befruchteten Eier verworfen und mit den 300 inkubierten Eiern zu den bereits gezählten, nicht befruchteten Eiern addiert, um so die Gesamtgelegegrösse zu erhalten.

3.2.3.5 Bestimmung der Eiqualität: Befruchtungs-, Schlupf- und Schwimmrate

Die Eiqualität wurde durch die Bestimmung der prozentualen Befruchtungs-, Schlupf- und Schwimmraten ermittelt. Die Befruchtungsrate ergab sich aus dem Verhältnis der Eizahl am Tag 1 (im Falle der vorliegenden Standardisierung immer 150) und der Zahl der Augenpunkteier am Tag 2, die Schlupfrate aus dem Verhältnis der Eizahl am Tag 1 und der Larvenzahl am Tag 4, die Schwimmrate aus dem Verhältnis der Eizahl am Tag 1 und der Zahl der freischwimmenden Brütlinge am Tag 9. Die Brütlinge wurden am 9. Tag abgetötet.

3.2.4 Synchronisierung der Ovulation

Eine Übersicht aller durchgeführten Versuche findet sich im Tabellenanhang.

3.2.4.1 Untersuchungen zum Einfluss der Wasserhärte

Durch Zugabe von Calciumchlorid in das Kreislaufwasser der Systeme „A“ und „C“ wurde die Wasserhärte über den vorliegenden Standardwert von ca. 10° GH angehoben. Gescreent wurden die Härtebereiche 20°, 30°, 35° und 40° Gesamthärte (GH) und Behandlungszeiträume von 10, 21, 25 und 28 Tagen.

Die Laichbereitschaft der Fische in den Behandlungsbecken mit aufgehärtetem Wasser und die der Kontrollfische wurde täglich registriert, die laichbereiten Fische gestreift und die Eier wie oben dargestellt behandelt. Die Anzahl der Laichereignisse der behandelten Fische wurde mit denen der Kontrolltiere sowohl während der Hartwasserphasen als auch während der sich jeweils anschliessenden 7-tägigen Beobachtungsphasen verglichen (Tabelle 6). Die Versuchsbezeichnung bezieht sich auf die veränderte Variable („H“ für Härte) , die Fischgruppe („H1“ bis „H4“) und die jeweilige Wiederholung mit derselben Fischgruppe (H1-1: erster Versuch zum Härteeinfluss mit der Versuchsgruppe 1). „K“ steht für Kontrollversuch. Die Versuche wurden als Parallelversuche durchgeführt. Ein Härtebereich wurde gleichzeitig bei zwei Versuchstiergruppen à 12 Fische getestet (a und b).

In der ersten Versuchsserie (Versuche H1-1 bis H1-5) wurde bei jeweils vierwöchiger Applikationszeit zunächst der Einfluss von 35° GH auf das Abweichverhalten und die Eiquantität untersucht und aufbauend auf den erhaltenen Ergebnissen dann die Wasserhärte auf 40° GH erhöht. Daran anschliessend wurden an denselben Fischen 20° GH und 30° GH getestet. In den Versuchen H2 bis H4 wurden an jeweils unterschiedlichen Versuchstiergruppen die Härtebereiche 20, 30 und 40° GH erneut getestet (siehe auch Tabelle 7). Zum Abschluss der Versuchsserie wurde der Einfluss der Wasserhärte bei einzel gehaltenen Tieren untersucht. Dazu wurden die

Tabelle 6: Versuche zum Einfluss der Wasserhärte mit Fischen der Herkunft

Manzala I

Gruppe, Versuch	Härte , [° GH]	Parallelen	Dauer [d]	Haltungsprinzip	Anzahl Fische
H1-0	10° GH(Vorlauf)	2 (a,b)	28	Gruppenhaltung	12
H1-1	35° GH	2 (a,b)	28	Gruppenhaltung	12
H1-2	35° GH	2 (a,b)	26	Gruppenhaltung	12
H1-3	40° GH	2 (a,b)	28	Gruppenhaltung	12
H1-4	20° GH	2 (a,b)	28	Gruppenhaltung	12
H1-5	30° GH	2 (a,b)	25	Gruppenhaltung	12
H1K ♣	10° GH	2 (a,b)	25 – 28	Gruppenhaltung	12
H2	40° GH	2 (a,b)	21	Gruppenhaltung	12
H2K	10° GH	2 (a,b)	21	Gruppenhaltung	12
H3	30° GH	2 (a,b)	28	Gruppenhaltung	12
H3K ♣ ♠	10° GH	2 (a,b)	28	Gruppenhaltung	12
H4-1	30° GH	2 (a,b)	10	Gruppenhaltung	12
H4-2	22° GH	2 (a,b)	28	Gruppenhaltung	12
H4K ♣ ♠	10° GH	2 (a,b)	28	Gruppenhaltung	12
H5	40° GH	-	35	Einzeltierhaltung	10
H5K	10° GH	-	35	Einzeltierhaltung	10

♣ = Kontrollen nicht zeitgleich mit Versuch durchgeführt

♠ = Kontrolle mit den selben Tieren wie im Versuch durchgeführt

Haltungsaquarien wie unter 3.2.2.2 beschrieben, unterteilt. Die Wasserhärte wurde auf 40° GH erhöht und eine Anwendungsdauer von 35 Tagen getestet. Über die gesamte Versuchszeit und die sich anschließende Beobachtungszeit von sieben Tagen wurde, wie bei den vorangegangenen Versuchen, täglich die Laichbereitschaft der Fische überprüft und laichbereite Tiere gestreift.

Tabelle 7: Anzahl durchgeführter Untersuchungen je getestetem Härtebereich

Härtebereich [° GH]	Anzahl Untersuchungen	Applikationszeiten [d]	Versuchsnummern
20 / 22	4	28	H1-4, H4-2
30	6 (3 X 2)	10, 25, 28	H4-1, H1-5, H3
35	4 (2 X 2)	26, 28	H1-2, H1-1
40	5 (2 X 2, 1 X 1)	21, 28, 35	H2, H1-3, H5

3.2.4.2 Untersuchungen zum Einfluss der Temperatur

Als möglicher Einflussfaktor zur Auslösung der Ovulation, sollten kurzfristige Abkühlung des Haltungswassers dahingehend untersucht werden, ob sie die Zahl der Laichereignisse gegenüber der der Kontrollgruppe innerhalb eines Beobachtungszeitraumes von 7 Tagen erhöhen. Insgesamt wurden drei Versuche durchgeführt (Tabelle 6 und Abbildung 6). Die Gruppengröße betrug jeweils 12 Tiere. Die Versuchsbezeichnung bezieht sich auf die veränderte Variable („T“ für Temperatur) und die Fischgruppe („T1“ bis „T3“). „K“ steht für Kontrollversuch.

Tabelle 8: Versuche zum Einfluss kurzfristiger Wasserabkühlung mit Fischen der Herkunft Manzala I

Gruppe	Versuchsdauer [d]	Abkühlung an Tag	Abkühlung um °C	Dauer [h]	Umstellung auf Durchl. an Tag
T1	28	7	3,5	12	-
T1K	28	-	-	-	-
T2	32	19	10	24	28
T2K	32	-	-	-	28
T3	32	14 – 16	10	60	24
T3K	32	-	-	-	24

Untersucht wurde der Einfluss niedriger Temperaturphasen von 12, 24 und 60 Stunden Dauer. Der Einfluss wurde an Fischen untersucht, die nicht unmittelbar davor in einem anderen Versuch standen. Die Gesamtversuchsdauer betrug bei Versuch T1 28 Tage, bei Versuch T2 und T3 jeweils 32 Tage. Vor der Abkühlungsphase wurden die Fische unter Batch-Bedingungen beobachtet. Bei der Wahl der Abkühlungstemperaturen war es nötig, sich an den technischen Bedingungen bzw. den physiologischen Grenzen der Fische zu orientieren. Die Wassertemperatur wurde daher um 3,5° (Versuch T1) bzw. 10° C (Versuche T2 und T3) unter die normale Haltungstemperatur abgesenkt.

Im ersten Versuch wurden die Fische nach der Abkühlung ohne weitere Veränderung der Haltungsumwelt, also unter Beibehaltung der Batch-Betriebsführung, bis zum Versuchsende beobachtet und die Laichbereitschaft registriert. Die Kontrollgruppe wurde ebenfalls nur unter Batch-Bedingungen beobachtet. Bei den Versuchen T2 und T3 schloss sich 8 Tage nach der Abkühlung die Beobachtungsphase unter Durchlaufbedingungen an. Die Kontrollgruppe war jeweils nur dem Wechsel zwischen Batch- und Durchlaufbetrieb ausgesetzt.

3.2.4.3 Untersuchungen zum Einfluss der Salinität

Zur Durchführung der Versuchsserie zum Einfluss der Salinität wurden zwei Kreisläufe auf Salzwasserbetrieb umgestellt (siehe 3.2.2.2), als Kontrollkreislauf diente der dritte Kreislauf und im letzten Versuchsabschnitt ein zusätzlicher vierter Kreislauf, beide jeweils im Süßwasserbetrieb.

Gescreent wurde der Bereich von 15 bis 25 PSU und die Anwendungsdauer von 14 bis 35 Tagen (Tabelle 9 bis Tabelle 11). Die Versuchsbezeichnung bezieht sich auf die veränderte Variable („S“ für Salinität), die Fischgruppe („S1“ bis „S13“) und die jeweilige Wiederholung mit derselben Fischgruppe („S1-1“: erster Versuch zum Einfluss der Salinität mit der Gruppe 1). „K“ steht für Kontrollversuch (0 PSU).

Der Einfluss der Salinität auf die Laichbereitschaft wurde bei den Herkünften Manzala I, Manzala II und El Molo untersucht. Die Gruppe S8 wurde aus Tieren zusammengestellt die zuvor in den Versuchen S6 und S7 erfolgreich gestreift worden waren (siehe auch Abschnitt 3.3.3.1, Seite 68).

Tabelle 9: Versuche zum Salinitätseinfluss; Herkunft Manzala I, Gruppenhaltung

Gruppe	Salinität [PSU]	Wiederholungen	Gruppenbezeichnung	Dauer [d]	Anzahl Fische
S1	25	6	S1-1	28	12
			S1-2	28	
			S1-3	28	
			S1-4	14	
			S1-5	21	
			S1-6	21	
S1K	0	6			12
S2 ♦	15	6	S2-1a	28	12
			S2-1b	28	
			S2-2a	24	
			S2-2b	24	
			S2-3a	24	
			S2-3b	24	
S2K	0	3			12
S3	15	2	S3-1	21	12
			S3-2	21	
S3K	0	2			12
S4	22	2	S4-1	28	9
			S4-2	28	
S4K	0	2			12
S5	22	2	S5-1	35	9
			S5-2	35	
S5K ♣	0	2			12
S6	22	2	S6-1	21	12
			S6-2	21	
S6K	0	2			12
S7	22	2	S7-1	24	11
			S7-2	24	
S7K ♣	0	2			12
S8 ♥	22	-	S8	35	12
S8K	0	-	S8K	21	12
S9	22	2	S9-1	35	11
			S9-2	35	
S9K	0	2			12

♦ Versuchsgruppe a und b zeitgleich, ♣ Kontrolle nicht zeitgleich,

♥ Mischgruppe aus S6 und S7 (siehe Text)

Da sich bei den Versuchen mit Fischen der Herkunft Manzala I in Gruppenhaltung beim Screening eine Salinität von 22 PSU als ideal herausstellte, konnte im weiteren Verlauf der Forschungsarbeit, bei den nachfolgenden Versuchen mit allen drei Herkünften ein Schwerpunkt auf die Untersuchung des Salinitätseinflusses von 22 PSU gelegt werden.

Tabelle 10: Versuche zur Salinität mit den Herkünften Manzala II und El molo in Gruppenhaltung

Gruppe	Salinität	Wiederholungen	Dauer [d]	Anzahl Fische	Herkunft
S10	22	2	28	12	El molo
S10K	0	2	28	12	El molo
S11	22	2	35	18	Manzala II
S11K	0	2	35	16	Manzala II

Tabelle 11: Versuche zur Salinität mit Fischen der Herkunft Mazala I in Einzelhaltung

Gruppe	Salinität	Dauer [d]	Anzahl Fische	Herkunft
S12-1	22 PSU	35	12	Manzala I
S12-2	22 PSU	35	11	Manzala I
S12-1K	0	35	10	Manzala I
S12-2K	0	35	10	Manzala I
S12-3	22 PSU	21	11	Manzala I
S12-4	16 PSU	21	11	Manzala I
S12-3K	0	21	10	Manzala I
S12-4K	0	21	10	Manzala I
S13-1	22 PSU	35	12	Manzala I
S13-1K	0	35	10	Manzala I
S13-2	22 PSU	28	12	Manzala I
S13-2K	0	28	10	Manzala I

3.2.4.4 Untersuchungen zum Einfluss des pH-Wertes

Zur Untersuchung des pH-Einflusses wurde am Ende der Behandlungsphase eines Brackwasserversuches (S13-3) der pH-Wert durch Zugabe von Salzsäure im Verlauf von drei Tagen auf den für die Fische suboptimalen Wert von 5,0 abgesenkt. Durch Umstellung auf Durchflussbetrieb (pH 7) sollten die Fische dann zusätzlich zur osmoregulatorisch wirksamen Salinitätsverminderung einen pH-Stimulus erfahren, dessen zusätzliche Wirkung auf die Ablaichbereitschaft untersucht werden sollte.

3.2.4.4 Datenerfassung und Auswertung

Beurteilung der Eiqualität

Kenngrossen für die Eiqualität waren wie unter Punkt 3.2.3.5 angegeben, die Befruchtungs-, Schlupf- und Schwimmraten, für deren Ermittlung die Überlebensraten der Eier bzw. Brütlinge am zweiten, vierten und neunten Tag bestimmt wurden. Die Unterschiede in der Befruchtungs-, Schlupf- und Schwimmrate der behandelten Gruppen wurden mit Hilfe des Student t-Tests auf signifikante Abweichung zum jeweiligen Kontrollwert überprüft.

Berechnung der Synchronisationsraten

Die Berechnung der Synchronisationsraten erfolgte nach folgenden Gleichungen:

$$\text{a) } S_7 = (N_{7\text{beob.}} / N_{\text{ges.}}) \times 100$$

$$\text{b) } S_3 = (N_{3\text{beob.}} / N_{\text{ges.}}) \times 100$$

wobei:

S_7 = Synchronisationsrate innerhalb sieben Beobachtungstage

S_3 = Synchronisationsrate innerhalb der ersten drei Tage

$N_{7 \text{ beob}}$ = Zahl der laichbereiten Tiere im Beobachtungszeitraum von 7 Tagen nach der Behandlung, bzw. Batch-Phase

$N_{3 \text{ beob}}$ = Zahl der laichbereiten Tiere im Beobachtungszeitraum von 3 Tagen nach der Behandlung, bzw. Batch-Phase

N_{ges} = Gesamtanzahl der Versuchs- bzw. Kontrollgruppe

Unterschiede zwischen Versuchs- und jeweiligen Kontrollwerten wurden mit der Vierfelder-Chi² - Methode nach folgender Formel auf Signifikanz getestet:

$$\text{Chi}^2 = \frac{n \times (a \times d - b \times c)^2}{n_1 n_2 \times (a + c) \times (b + d)}$$

wobei:

a = Anzahl laichbereiter Tiere in der Behandlungsgruppe

b = Anzahl der nichtstreiffähigen Tiere in der Behandlungsgruppe

c = Anzahl laichbereiter Tiere in der Kontrollgruppe

d = Anzahl nicht streiffähiger Tiere in der Kontrollgruppe

$n_1 = a + b$

$n_2 = c + d$

$n = a + b + c + d$

Der Unterschied zwischen Behandlungs- und Kontrollgruppe war signifikant

($p \leq 0,05$) wenn $\text{Chi}^2 \geq 3,84$.

3.3 Ergebnisse

Eine Übersicht aller Ergebnisse, sowie eine vollständige graphische Darstellung der Synchronisationserfolge findet sich im Tabellen- und Abbildungsanhang.

3.3.1 Versuche zum Einfluss der Wasserhärte

Zur Untersuchung des Wasserhärteeinflusses wurden insgesamt 12 Versuche durchgeführt; 11 Versuche mit Gruppenhaltung und 1 Versuch mit Einzeltierhaltung. Alle Versuche wurden mit Fischen der Herkunft Manzala I durchgeführt.

3.3.1.1 Synchronisationsraten

Gruppenhaltung

Zur Beurteilung des Wasserhärteeinflusses auf den Laichzeitpunkt wurde die Anzahl der Laichereignisse während der Behandlungs- und Beobachtungsphasen in den Versuchsgruppen mit der Anzahl der Laichereignisse in den Kontrollgruppen verglichen.

Es zeigte sich, dass die Erhöhung der Wasserhärte nicht generell die Bereitschaft zum Ablaichen unterdrückte, da bis zu 50% der Fische einer Behandlungsgruppe innerhalb der Phase erhöhter Wasserhärte zwischenlaichten. Weiterhin war zu erkennen, dass eine abrupte Umstellung auf weiches Wasser keinen eindeutigen Stimulus zum Ablaichen darstellte.

Nach der Umstellung von hartem auf weiches Wasser stieg die Zahl der Laichereignisse bei nur 62,5 % der durchgeführten Versuche innerhalb von sieben Beobachtungstagen an. Bei 33% der Kontrollversuche, bei denen nach der entsprechenden Zeit im Batchbetrieb auf Kreislaufbetrieb umgestellt wurde, stieg die Zahl der Laichereignisse ebenfalls an.

Tabelle 12: Laichbereitschaft während der Versuchsserie zum Wasserhärteeinfluss bei Gruppenhaltung.

Härte [° GH]	Dauer [d]	Wdh. [n]	Anzahl LE [n] (SD)	w. Behandl. [n] (SD)	w. 7 Beobacht. [n] (SD)	S3 [%]	S7 [%]
20	28	3	6,5 (2,1)	0 (-)	6,5 (2,1)	15,1	46,4 *
30	28	2	4,5 (3,5)	2 (1,4)	2,5 (2,1)	8,4	17,9
30	25	2	7,5 (0,7)	6 (0)	1,5 (0,7)	3,6	10,7
30	21	2	9,0 (1,4)	4 (1,4)	5 (0)	25,0	35,7
35	28	2	11,5 (2,1)	5 (1,4)	6,5 (3,5)	39,3	46,5
35	26	2	9,5 (0,7)	2 (1,4)	6 (0)	14,3	42,9
40	28	2	5 (0)	3 (1,4)	2 (1,4)	14,3	14,3
10 (K)		6	11,5 (3,2)	5,3 (1,5)	4,3 (2,5)	22,2	30,8

„Wdh.“ = Anzahl der Versuchswiederholungen; „Anzahl LE“ = Laichereignisse im Versuchszeitraum; „w. Behandl.“ = Anzahl LE während der Phase erhöhter Wasserhärte; „w. 7 Beobacht.“ = Anzahl LE in 7 Tagen Beobachtungszeitraum; „S3“ = Synchronisationsrate in den ersten drei Tagen und „S7“ = Synchronisationsrate innerhalb der gesamten Beobachtungszeit von 7 Tagen. * signifikant vom Kontrollwert abweichend ($p \leq 0,05$) bezogen auf die zugrunde liegenden Absolutwerte

Die Zahl der Laichereignisse während eines jeweiligen gesamten Versuchszeitraumes (Behandlungs- plus Beobachtungszeit) lag bei den Behandlungsgruppen mit 7,3 (SD 3,1) niedriger als bei den Kontrollgruppen (11,5; SD 4,3). Dies deutet an, dass hohe Wasserhärtewerte die Laichbereitschaft zumindest negativ beeinflussten. Tabelle 12 zeigt die Synchronisationsraten von Versuchs- und Kontrollgruppen innerhalb von drei Beobachtungstagen (S3) und innerhalb von sieben Beobachtungstagen (S7). Einzeldarstellung der Versuchsergebnisse siehe Anhangstabelle A3. Abbildung 5 stellt die S7 graphisch dar.

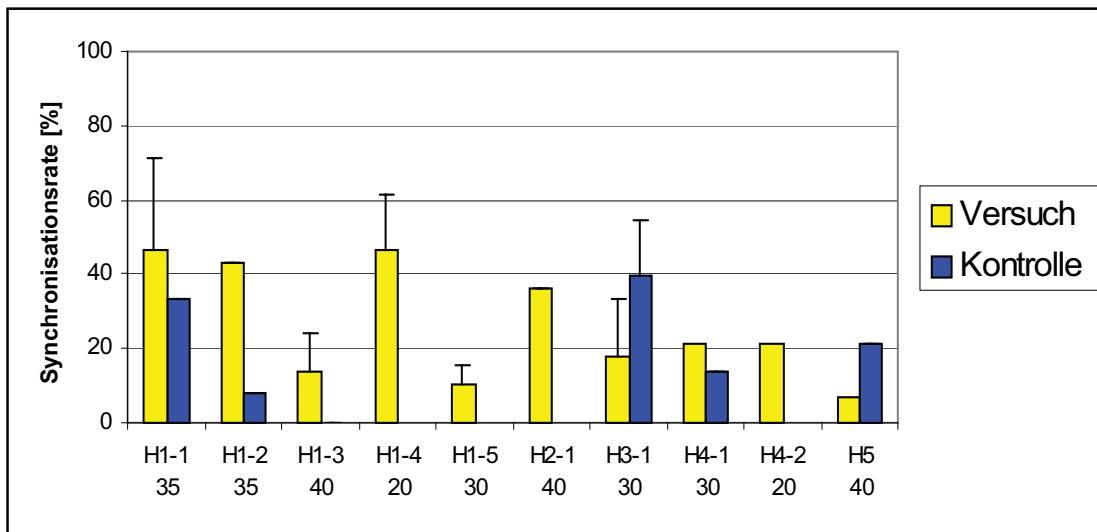


Abbildung 5: S7-Synchronisationsraten und Standardabweichungen nach Wasserhärteerhöhung; x-Achse: H1 bis H5 = Versuchsnummern und dazu gehörige Salzgehalte in PSU;

Einzelhaltung

Bei der Untersuchung des Wasserhärteeinflusses bei einzeln gehaltenen Fischen (Versuch H5) konnte keine Wirkung auf die Laichbereitschaft der Tiere beobachtet werden (Tabelle 13). Er wurde daher auch nicht wiederholt. Während der Phase erhöhter Wasserhärte wurden 8 Laichereignisse registriert, wobei zwei Fische je zweimal ablaichten.

Nur vier von 10 Fischen laichten während der Behandlungsphase, in der die Laichbereitschaft unterdrückt werden sollte, nicht. In der sich anschließenden Beobachtungsphase von 7 Tagen wurde ein Laichereignis registriert; von einem Fisch der bereits während der Behandlung zweimal gelaicht hatte. Von diesem Tier konnten keine Ergebnisse bezüglich der Eiqualität erhalten werden.

Tabelle 13: Laichbereitschaft während des Versuchs zur Wasserhärteerhöhung bei Einzeltierhaltung (Versuch H5)

Härte [°GH]	Dauer [d]	Anzahl LE [n]	w. Behandl. [n]	w. 7 Beobacht. [n]	S3 %	S7 %
40	35	9	8	1	0	10,0
10 (Kontrolle)	35	12	9	3	10,0	30,0

„Anzahl LE“ = Laichereignisse im Versuchszeitraum; „w. Behandl.“ = Anzahl LE während der Phase erhöhter Wasserhärte; „w. 7 Beobacht.“ = Anzahl LE in 7 Tagen Beobachtungszeitraum; „S3“ = Synchronisationsrate in den ersten drei Beobachtungstagen. „S7“ = Synchronisationsrate innerhalb der gesamten Beobachtungszeit von 7 Tagen.

werden, da der Fisch in allen drei Fällen die Eier bereits im Maul hatte, bevor die Laichbereitschaft bemerkt worden war. Im Kontrollversuch wurden in der Beobachtungsphase mehr Laichereignisse erzielt als in der Versuchsgruppe. Die Umstellung vom Batch- auf Durchflussbetrieb stellte somit einen wirkungsvolleren Reiz zum Ablaichen als die Umstellung von hartem auf weiches Wasser dar. Eine Unterdrückung der Laichbereitschaft durch erhöhte Wasserhärte konnte bei Einzeltierhaltung nicht beobachtet werden.

3.3.1.2 Fekundität und Eiqualität

Gruppenhaltung

Die Gesamtzahl der gestreiften Eier betrug während der Gruppenhaltung 263.245. Bei den Versuchsgruppen, die einer Wasserhärteerhöhung unterzogen wurden, lag die Eizahl pro Versuchsgruppe und -Ansatz bei durchschnittlich 10.232, bei den Kontrollgruppen betrug sie durchschnittlich 16.831. Die Gruppengröße war in Versuch und Kontrolle gleich. Die Gelegegröße eines Weibchen lag bei den Versuchstieren bei durchschnittlich 1.814 (SD 671) und bei den Kontrolltieren bei durchschnittlich 1.586 (SD 563) Eiern. Wurde die Gelegegröße in Bezug zum

Körpergewicht, als Eizahl pro kg Rogner ausgedrückt, wurden durchschnittlich 2961 (SD 1095) Eier/kg Körpermasse bei den Versuchsfischen und 2838 (SD 1007) Eier/kg Körpermasse bei den Kontrollfischen erzielt.

Die grössere Eizahl pro Versuch ist auf eine höhere Anzahl von Laichereignissen bei den Kontrollgruppen zurückzuführen, die mit 11,5 (SD 4,3) Laichereignissen pro Versuch über dem Ergebnis der Versuchsgruppen (7,3 (SD 3,1) Laichereignisse pro Versuch) lagen. Die Laichbereitschaft wurde durch erhöhte Wasserhärtewerte also negativ beeinflusst.

Tabelle 14: Fekundität und Eiqualität während der Versuchsserie zum Wasserhärteeinfluss bei Gruppenhaltung

Härte [°GH]	Dauer [d]	Wdh [n]	Σ LE [n]	Eier/kg Fisch (SD)	Befrucht.-rate [%] (SD)	Schlupfrate [%] (SD)	Schwimmmrate [%] (SD)
20	28	3	17	2809 (1044)	48,5 (47,4)	25,2 (40,2)	23,8 (36,7)
30	28	2	9	3043 (2045)	33,2 (49,3)	24,3 (30,8)	20,8 (22,8)
30	25	2	15	3051 (1168)	64,7 (33,8)	26,1 (23,1)	23,0 (19,8)
30	21	2	18	3065 (1239)	37,0 (38,1)	13,7* (21,3)	7,8* (13,2)
35	26-28	4	39	2964 (1414)	57,3 (58,2)	26,5 (32,1)	27,5 (52,0)
40	28	2	10	3970 (1175)	57,1 (50,2)	35,9 (41,1)	33,0 (38,0)
10 (K)		6	49	2838 (1199)	63,4 (34,0)	43,5 (30,1)	40,3 (29,5)

WDH. = Anzahl der Versuchswiederholungen; Σ LE = Summe der Laichereignisse aller Versuchswiederholungen, SD = Standardabweichung, Befrucht.-rate = durchschnittliche Befruchtungsrate, * signifikant vom Kontrollwert abweichend ($p \leq 0.05$) bezogen auf die zugrunde liegenden Absolutwerte

Wie die Tabelle 14 zeigt, wurde auch die Eiqualität von der Erhöhung der Wasserhärte mit Calciumchlorid beeinflusst. Sowohl die Befruchtungsraten als auch die Schlupf- und Schwimmmraten lagen bei den Versuchsgruppen im Durchschnitt unter den Werten der Kontrollgruppen, jedoch waren die Unterschiede nur in einem Fall signifikant. Auch der Vergleich zwischen Versuchen verschiedener Wasserhärte ergab keine signifikanten Unterschiede. Bezogen auf die durchschnittliche Schwimmmrate, welche die praxisrelevanteste der drei Eiquälitätskennzahlen ist, war

der Einfluss der Wasserhärterhöhung bei 40° GH am geringsten. Sehr schlechte durchschnittliche Schwimmraten wurden beim Versuch mit 30° GH und 21 Tagen Anwendungsdauer erzielt (Einzelergebnisse siehe Anhangstabelle A2).

Einzeltierhaltung

Während des Versuchs zur Einzeltierhaltung konnten zur Beurteilung der Fruchtbarkeit und Eiqualität nur Ergebnisse von drei Laichereignissen verwendet werden, da bei der Mehrheit der Laichereignisse (6 von 9) die während der Einzeltierhaltung eintraten, die Tiere die Eier ins Maul genommen hatten, bevor eine künstliche Befruchtung möglich war. Bei den Tieren des Kontrollversuchs hatte sich die gleiche Situation ergeben. Von 12 Laichereignissen im Versuchszeitraum konnten nur 5 in die Berechnung der Fruchtbarkeit und Eiqualität eingehen.

Tabelle 15: Fekundität und Eiqualität während des Versuchs zum Wasserhärteeinfluss bei Einzeltierhaltung

Härte [°GH]	Dauer [d]	LE [n]	Eier/kg Fisch [n] (SD)	Befrucht.-rate [%] (SD)	Schlupfrate [%] (SD)	Schwimmrate [%] (SD)
40	35	3	3792 (899,7)	70,2 (28,1)	48,7 (18,2)	29,9 (22,0)
10 (K)	35	5	3824 (1125)	82,9 (20,2)	69,5 (20,0)	67,2 (21,1)

LE = Anzahl der Laichereignisse, Befrucht.-rate = durchschnittliche Befruchtungsrate, Werte der Versuchstiere nicht signifikant von den Kontrollwerten verschieden

Die Fekundität der behandelten Tiere unterschied sich nicht von der der Kontrolltiere, in der Eiqualität waren jedoch bei den Versuchsfischen deutlich schlechtere Ergebnisse als bei den Kontrollfischen zu verzeichnen. Insbesondere die Schwimmrate der Nachkommen von behandelten Fischen war um mehr als 100 % niedriger als diejenige in der Kontrolle. Damit entsprach das Ergebnis bezüglich Fekundität und Eiqualität der Einzelfischhaltung dem der Gruppenhaltung.

3.3.2 Versuche zum Einfluss der Wassertemperatur

3.3.2.1 Synchronisationsraten

Eine Abkühlung der Haltungstemperatur um $3,5^{\circ}\text{C}$ am 7. Versuchstag des ersten Versuches, hatte die Laichbereitschaft von drei Tieren in den darauffolgenden sieben Tagen zur Folge (Abbildung 6). Bis zum Ende der Versuchszeit am 28. Tag wurde kein weiteres Laichereignis beobachtet. Vor der Wasserabkühlung konnte ein laichereites Tier beobachtet werden. Im Kontrollversuch hatten über die gesamte Versuchszeit 10 Tiere gelaicht. Beide Versuchskreisläufe wurden über die gesamte Zeit geschlossen betrieben (Batchbetrieb).

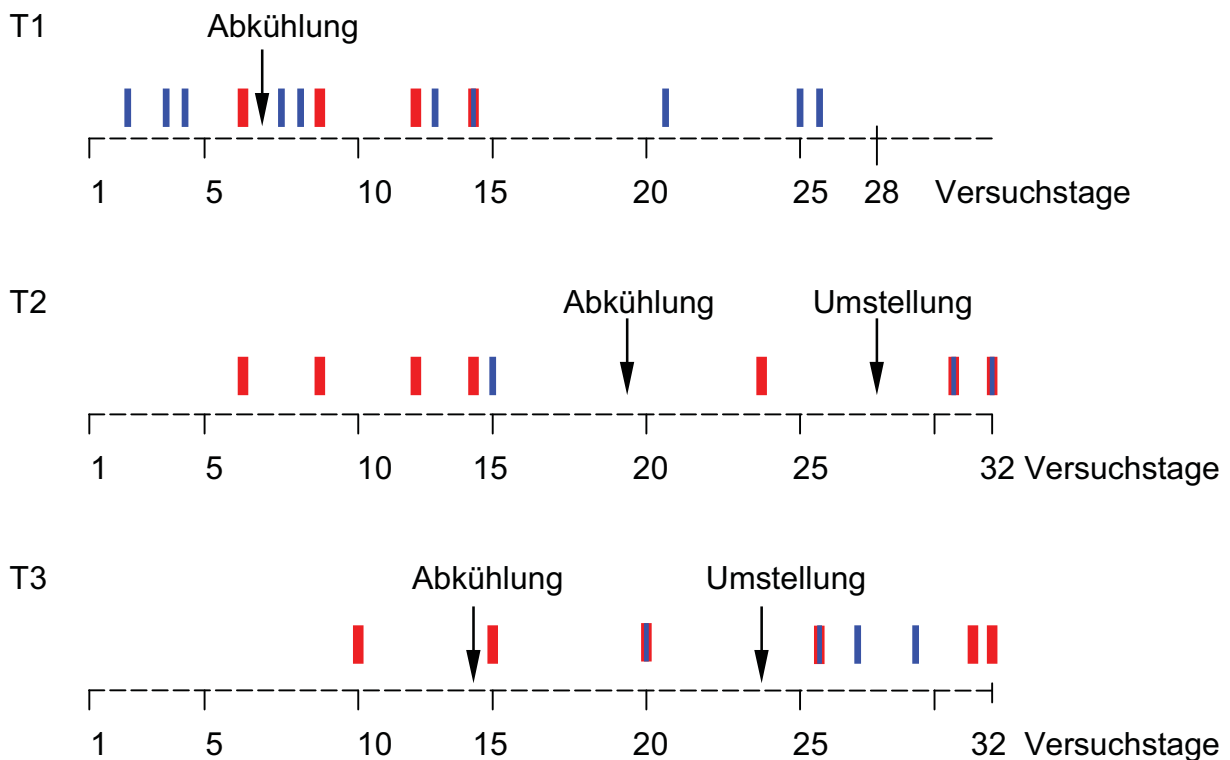


Abbildung 6: Laichereignisse während der Versuche zum Temperatureinfluss

T1 bis T3 = Versuchsbezeichnungen; █ = Laichereignis Versuch, █ = Laichereignis Kontrolle; Umstellung = Wechsel von Batch- zu Durchlaufbedingung

Im zweiten Versuch wurde am 19. Versuchstag die Temperatur um 10°C für 24 Stunden abgesenkt, mit der Folge von einem Laichereignis am 24. Versuchstag. In

der Zeit unter Durchlaufbedingungen vom 28. bis zum 32. Versuchstag konnten zwei weitere Laichereignisse beobachtet werden. Im Kontrollversuch wurden während der Batchphase 2 und während der Durchlaufphase 1 Laichereignis beobachtet.

Während des dritten Versuches (Abkühlung um 10° C für 60 Stunden ab dem 14. Versuchstag) wurden vor der Abkühlung zwei und nach der Abkühlung ein weiteres Laichereignis innerhalb der Batchphase registriert. In der sich an den 24. Versuchstag anschließenden Durchflussphase ergaben sich drei weitere Laichereignisse. Während des Kontrollversuches wurden ein Laichereignis in der Batch- und drei in der Durchlaufphase registriert. In Tabelle 16 sind die Ergebnisse der drei Versuche zusammengefasst.

Tabelle 16: Laichbereitschaft während der Versuche zum Temperatureinfluss

Temp.- differenz	Dauer [h]	Durchlauf- phase	Anzahl LE [n]	vor Ab- kühlung [n]	n. Abkühlung [n]	S7 [%]	S7 [%] Kontrolle
3,5°C	12	nein	4	1	3	-	-
10°C	24	ja	7	4	3	0	8,3
10°C	60	ja	6	2	4	25,0	25,0

In dieser Versuchsserie konnte durch kurzfristige Temperaturverminderung in keinem der Versuche eine höhere Laichbereitschaft als in der jeweiligen Kontrollgruppe beobachtet werden.

3.3.2.2 Fekundität und Eiqualität

Im ersten Versuch, bei dem die Haltungstemperatur innerhalb von 12 Stunden um 3,5° C abgesenkt wurde, beeinflusste die Abkühlung möglicherweise die Eiqualität. Betrug die Befruchtungsrate vor der Akühlung 94,4% und die Schlupf- und Schwimrate 65 bzw. 61%, so lag die Befruchtungsrate nach der Abkühlung bei 31,3%, Schlupf- und Schwimrate bei 18,7 bzw. 17,4%. Diesen Werten liegen jedoch nur zwei einzelne Laichereignisse zugrunde, da die Laichbereitschaft der anderen Rogner nicht zum Streifen der Eier genutzt werden konnte (die Tiere hatten

im Becken gelaicht). Somit kann keine konkrete Aussage über den Einfluss der Wassertemperatur bei diesem Versuch gemacht werden. Die Eiqualität der Kontrollfische war mit einer Befruchtungsrate von 88,2% (SD 10,3), einer Schlupfrate von 68,9% (SD 17,7), sowie einer Schwimmmrate von 66,2% (SD 18,3) höher als die der Versuchsfische.

Im zweiten Versuch war die Eiqualität vor der Abkühlung ähnlich wie nach der Abkühlung. Die Schwimmmraten betrugen 39,2% (SD 30,9) vor und 42,0% (SD 18,8) nach der Abkühlung. In der Kontrollgruppe lag die Schwimmmrate bei 48,9% (SD 23,3).

Im dritten Versuch lag die Schwimmmrate vor der Abkühlung bei 4,8% (SD 6,8) und nach der Abkühlung bei 55,8% (SD 19,0). In der Kontrollgruppe betrug die Schwimmmrate 21,8% (SD 32,1).

3.3.3 Versuche zum Einfluss der Salinität

Zur Untersuchung des Einfluss' der Salinität auf die Laichbereitschaft und die Eiqualität wurden mit 25 verschiedenen Versuchs- und Kontrollgruppen insgesamt 33 Versuche und 30 Kontrollversuche durchgeführt. Untersucht wurde sowohl die Gruppenhaltung (Versuche S1 bis S11), als auch die Einzeltierhaltung (Versuche S12 und S13). In die Untersuchungen wurden die drei Herkünfte Mazala I, Mazala II und El Molo einbezogen.

Über die gesamte Versuchszeit der Versuchsserie mit Gruppenhaltung wurden 299 Laichereignisse registriert, davon 149 bei den Versuchsfischen und 150 bei den Kontrolltieren. Im Durchschnitt entsprach die Zahl der Laichereignisse der Versuchstiere mit 6,0 (SD 3,3) pro Versuchszeitraum nahezu der der Kontrolltiere (6,5; SD 3,4). Die Zahl der Kontrollansätze lag mit 25 leicht unter der Zahl der Versuchsansätze (28), da bei einigen zeitlich parallel laufenden Ansätzen ein und dieselbe Kontrollgruppe herangezogen werden konnte. Über die Gesamtversuchszeit der Versuchsserie mit Einzeltierhaltung wurden 118 Laichereignisse registriert, davon 52 bei den Versuchsfischen und 66 bei den Kontrollfischen.

3.3.3.1 Synchronisationsraten

Zur Beurteilung des Salzeinflusses auf den Laichzeitpunkt, wurde die Anzahl der Laichereignisse während der Behandlungs- und Beobachtungsphasen in den Versuchsgruppen mit der Anzahl der Laichereignisse in den Kontrollgruppen verglichen. Im Gegensatz zu den Ergebnissen der Versuchsserie zum Wasserhärteeinfluss konnte eine deutliche Verschiebung der Ablaihbereitschaft bei allen durchgeführten Versuchen festgestellt werden (Tabelle 15 und 16). Ein Salzgehalt über 22 PSU unterdrückte die Laichbereitschaft der Manzala I Herkunft bei allen durchgeführten Versuchen vollständig.

Gruppenhaltung

Die Versuche S1 bis S11 wurden als Gruppenversuche durchgeführt. Die Fische der Herkunft Manzala I, mit denen die Versuche S1 bis S9 durchgeführt wurden, reagierten in sechs von 10 Versuchen, bezüglich der zeitlichen Verschiebung und zeitlichen Komprimierung der Laichbereitschaft, relativ zur Kontrolle mit signifikant erhöhten Werten (Tabelle 17 und Anhangstabelle A6).

Die höchsten S7-Synchronisationsraten wurden bei einer Salzkonzentration von 25 PSU erzielt. Gleichzeitig war jedoch die Eiqualität mit einer resultierenden Schwimmrate von 17,7% (Kontrolle 39,3%) (Abschnitt 3.3.3.2) nicht befriedigend. Daher wurde ein Versuch mit halbiertem Applikationszeit durchgeführt, der jedoch eine um 100 % verminderte Synchronisationsrate erbrachte.

Im weiteren Screening wurde eine Salzkonzentration zwischen 20 und 22 PSU als am besten geeignete Konzentration bezüglich der Synchronisationsrate ermittelt. Alle Synchronisationsraten, mit Ausnahme der des Versuchs S-6 (21 Tage Applikationszeit), waren signifikant vom Kontrollwert abweichend. Bei 15 PSU traten Zwischenlaichereignisse während der Salzwasserphasen ein und auch bei 20 PSU konnte dies in (vernachlässigbar) geringem Ausmass beobachtet werden. Bei 22 PSU traten diese nicht mehr auf. Die Eiqualität lag jedoch bei den untersuchten Applikationszeiten stets unter den Werten der Kontrollen (siehe Tabelle 20).

Tabelle 17: Laichbereitschaft während der Versuchsserie zum Salzeinfluss bei Gruppenhaltung; Herkunft Manzala I (Versuche S1 bis S9)

Sal. [PSU]	Dauer [d]	Gr. bez.	Σ LE [n]	w. Behan. [n]	w. Beob. [n]	S3 [%]	S3 K [%]	S7 [%]	S7 K [%]
25	28	S1-1	8	0	8	0,0*	8,3	66,7*	33,3
25	28	S1-2	8	0	8	25,0*	0,0	66,7*	8,3
25	28	S1-3	8	0	8	50,0*	0,0	66,7*	0,0
25	14	S1-4	4	0	4	16,7	16,7	33,3	16,7
22	35	S5-1	8	0	8	66,6*	18,2	88,9*	18,2
22	35	S5-2	4	0	4	0,0*	18,2	44,4*	18,2
22	35	S9-1	6	0	6	27,3	18,2	54,5*	18,2
22	28	S4-1	6	0	6	44,4*	0,0	66,6*	0,0
22	28	S4-2	3	0	3	0,0*	16,7	33,3*	16,7
22	24	S7-1	6	0	6	18,2*	0,0	54,5*	12,3
22	24	S7-2	6	0	6	36,4*	0,0	54,5*	12,3
22	21	S6-1	4	0	4	33,3*	8,3	33,3*	8,3
22	21	S6-2	5	0	5	33,3	16,7	41,7*	16,7
20	21	S1-5	7	1	6	8,3	8,3	50,0*	16,7
20	21	S1-6	7	0	7	8,3	25,0	58,3*	25,0
15	28	S2-1a	5	0	5	25,0*	0,0	41,7*	16,7
15	28	S2-1b	7	0	7	0,0	0,0	58,3*	16,7
15	24	S2-2a	4	0	4	25,0*	0,0	33,3	25,0
15	24	S2-2b	5	0	5	30,0*	0,0	41,7	25,0
15	24	S2-3a	3	1	2	8,3*	0,0	16,7*	0,0
15	24	S2-3b	7	1	6	41,7*	0,0	50,0*	0,0
15	21	S3-1	5	0	5	16,7	0,0	41,7	25,0
15	21	S3-2	3	2	1	8,3	8,3	8,3	8,3

Sal = Salinität in PSU; Gr.-bez = Gruppenbezeichnung; Σ LE = Anzahl der Laichereignisse während des gesamten Versuchs; w. Behan. = Anzahl der Laichereignisse in der Zeit erhöhter Salinität; w. Beob. = Anzahl der Laichereignisse in der Beobachtungszeit; S3,S7 = Synchronisationsraten innerhalb drei bzw. sieben Beobachtungstagen; S3K,S7K = Synchronisationsraten der Kontrollen;

* = signifikant vom Kontrollwert verschieden ($p \leq 0,05$), bezogen auf Absolutwerte

Für den Versuch S8 wurden Fische aus zwei zeitgleich zuvor durchgeführten Versuchen (S6 und S7) zu einer 12 Tiere zählenden Gruppe zusammengestellt. Es wurden nur Tiere gewählt, die in diesen vorangegangenen Versuchen im Beobachtungszeitraum abgelaicht hatten. Es sollte untersucht werden, ob durch diese Massnahme die Zahl der Laichereignisse steigerbar wäre. Im Durchschnitt hatte die Synchronisationsrate bei den Versuchen S6 und S7 46% betragen, im Anschlussversuch S8 waren es 41,7 %. Es konnte somit bei diesem einmalig durchgeführten Versuch keine Steigerung der Laichbereitschaft durch Gruppenkombinationen erreicht werden.

Versuche mit Fischen der Herkunft El Molo, die sich in der Vergangenheit als problematisch bezüglich der Reproduktion unter den Bedingungen der Kreislaufanlage des Instituts gezeigt hatten, sollten prüfen, ob die Leistung dieser

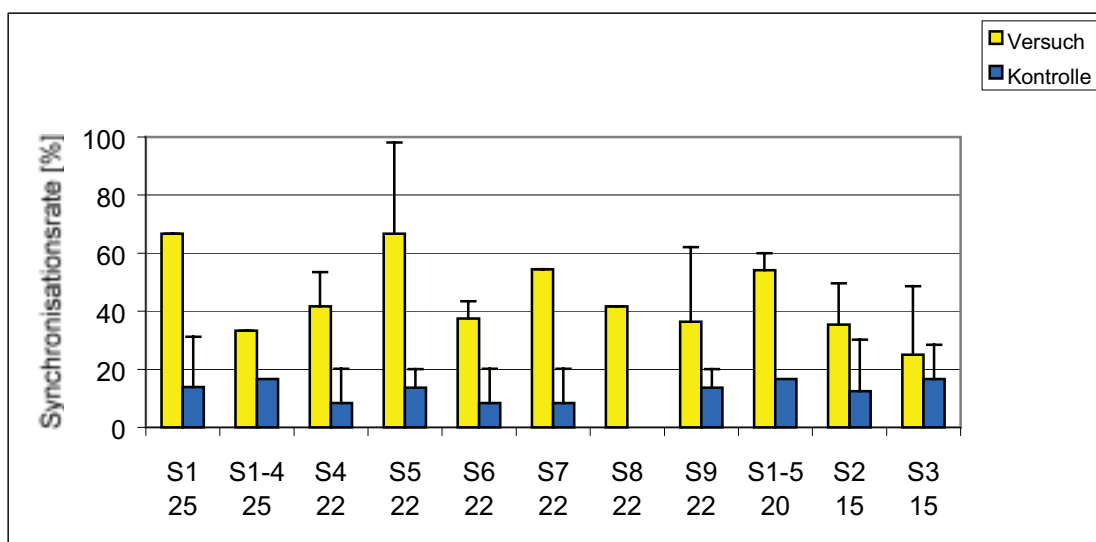


Abbildung 7: S7-Synchronisationsraten während der Versuche zur Salinität bei Gruppenhaltung

Fische bezüglich Ablaichwilligkeit und Eiqualität durch ein auferlegtes Salzregime verbessert werden könnte. Der durchgeführte Versuch (S10 – siehe Tabelle 18 und 20) brachte so schlechte Ergebnisse, dass er nicht wiederholt wurde und die Fische aus dem weiteren Versuchsplan genommen wurden. Nur 4 von 12 Fischen in der Behandlungsgruppe waren in der Beobachtungszeit laichreif; in der Kontrollgruppe waren es 3 von 12 Fischen.

Tabelle 18: Laichbereitschaft während der Versuche zur Salinität bei Gruppenhaltung; Herkünfte : El molo (Versuch S10) und Manzala II (Versuch S11).

Salinität [PSU]	Dauer [d]	Anzahl LE [n]	w. Behan. [n]	w. Beob. [n]	Kontrolle [n]	S7 Versuch [%]	S7 Kontr. [%]
22 (S10)	28	4	0	4	3	33,3	25
22 (S11-1)	35	9	1	8	0	44,4*	0
22 (S11-2)	35	20	4	16	4	88,9*	25,0

* Versuchswert signifikant vom Kontrollwert verschieden ($p \leq 0,05$), bezogen auf die zugrunde liegenden Absolutzahlen

Eine Unterdrückung der Laichreife durch erhöhte Salinität konnte jedoch auch bei der Herkunft El Molo festgestellt werden. Während der Salzbehandlung trat in der Versuchsgruppe keine Laichbereitschaft auf, in der Kontrollgruppe wurden dagegen in der Zeit der Batch-Phase bei 5 Fischen Laichbereitschaft beobachtet.

Die Versuche mit Fischen der Herkunft Manzala II, F₁-Nachkommen zweier isogener Linien, sollten auf Grund ihres gleichen Genotyps unter gleichen Versuchsbedingungen signifikant höhere oder niedrigere Synchronisationsraten als Manzala I - Fische zeigen, wenn die Grundlage für eine Synchronisierbarkeit genetisch bedingt wäre. Die Versuche S11-1 und S11-2 sollten somit einen Anhaltspunkt für eine etwa vorhandene genetische Prädisposition für die Salinität als Synchronisierungsinstrument geben. Im ersten Durchgang wurde mit 44,4 % für die S7-Synchronisationsrate ein Wert ermittelt, der dem durchschnittlichen Wert der vorangegangenen Versuche mit der Herkunft Manzala I entsprach. Der Wiederholungsversuch mit den gleichen Fischen unter gleichen Bedingungen brachte eine Rate von 89 % (Tabelle 18). 16 von 18 Fischen waren im Beobachtungszeitraum laichbereit. Dieser Wert lag um mehr als 100% über dem durchschnittlichen Wert der Manzala I – Fische ($p \leq 0,01$).

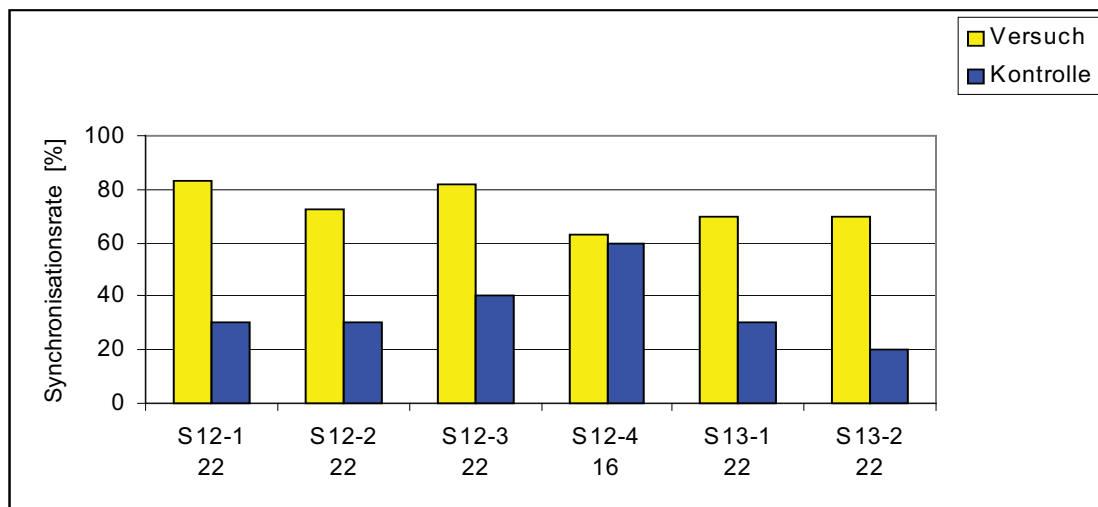


Abbildung 8: S7-Synchronisationsraten während der Versuche zur Salinität bei Einzeltierhaltung; Herkunft Manzala I

Einzeltierhaltung

Die Versuchsserie zur Einzeltierhaltung (Versuche S-12 und S13) wurde mit Fischen der Herkunft Manzala I durchgeführt. Als Konsequenz der Ergebnisse der Gruppenhaltung wurden die Tiere zunächst bei einer Salinität von 22 PSU und einer Applikationsdauer von fünf und vier Wochen gehalten. Anschliessende Versuche mit dreiwöchiger Applikationszeit bei 22 bzw. 16 PSU Salzgehalt sollten zeigen, ob unter diesen Bedingungen eine verbesserte Eiqualität möglich wäre (Abschnitt 3.3.2.2).

Zwischenlaichereignisse innerhalb der Salzphasen wurden bei 22 PSU nicht, und bei 16 PSU nur in (vernachlässigbar) geringem Ausmass (1 von 12 Tieren) beobachtet. Die Synchronisationsraten lagen bei allen Versuchen über 70% (Tabelle 19 und Anhangstabelle A7) und damit generell höher als bei den Versuchen zur Gruppenhaltung mit Fischen der selben Herkunft. Die Abbildung 9 dokumentiert die erfolgreiche Synchronisierung am Beispiel der Versuche S12 und S13. Die graphische Darstellung der Laichereignisse aller Versuche über die Zeit sind dem Anhang zu entnehmen.

Zur Verbesserung der Eiqualität wurde die Applikationszeit und in einem letzten Versuch zusätzlich die Salzkonzentration vermindert. Die Verringerung der Applikationszeit von fünf auf drei Wochen bei gleicher Salinität brachte eine gleichbleibend hohe Synchronisationsrate von 82 %; beim Wiederholungsversuch mit 16 PSU sank die Synchronisationsrate dann jedoch auf 64%. Die erwartete Verbesserung der Eiqualität trat in beiden Fällen ein (siehe Abschnitt 3.3.3.2 und Anhangstabelle 5).

Tabelle 19: Laichbereitschaft während der Versuchsserie zum Salzeinfluss bei Einzeltierhaltung; Herkunft Manzala I

Sal. [PSU]	Dauer [d]	Gr.-bez.	Σ LE [n]	w. Behan. [n]	w. Beob. [n]	S3 [%]	S3 K [%]	S7 [%]	S7 K [%]
22	35	S12-1	10	0	10	83,3 *	20,0	83,3 *	30,0
22	35	S12-2	8	0	8	63,6 *	10,0	72,7 *	30,0
22	35	S13-1	7	0	7	70,0 *	20,0	70,0 *	30,0
22	28	S13-2	7	0	7	30,0	20,0	70,0 *	20,0
22	21	S12-3	9	0	9	63,3 *	20,0	81,8 *	40,0
16	21	S12-4	8	1	7	27,3	20,0	63,6	60,0

Gr.-bez = Gruppenbezeichnung; Σ LE = Anzahl der Laichereignisse während des gesamten Versuchs; w. Behan. = Anzahl der Laichereignisse in der Zeit erhöhter Salinität; w. Beob. = Anzahl der Laichereignisse in der Beobachtungszeit; S3,S7 = Synchronisationsraten innerhalb drei bzw. sieben Beobachtungstagen; S3K,S7K = Synchronisationsraten der Kontrollen; * = signifikant vom Kontrollwert verschieden ($p \leq 0,05$), bezogen auf Absolutwerte

3.3.3.2 Fekundität und Eiqualität

Gruppenhaltung

Die Gesamtzahl der gestreiften Eier während der Versuchsserie mit Gruppenhaltung betrug 394.350, davon wurden von den Behandlungsgruppen 232.092 und von den Kontrollgruppen 162.258 Eier erhalten. Da während dieser Versuchsserie drei

verschiedene Herkünfte getestet wurden, müssen die Ergebnisse einzeln betrachtet werden:

1. Versuche S1 bis S9 (Manzala I): Insgesamt 209.150 Eier wurden von den Behandlungsgruppen und 127.146 Eier von den Kontrollgruppen erhalten. Die durchschnittliche Gelegegrösse betrug bei den Versuchstieren 1619 Eier (SD 537) gegenüber 1654 Eier (SD 694) bei den Kontrolltieren. Relativ zur Körpermasse der Rogner betrug die Fekundität 2642 Eier pro kg Fisch (SD 797) bei den Versuchsgruppen, bzw. 3232 (SD 848) bei den Kontrollgruppen.
2. Versuch S11 (Manzala II): 21.235 Eier wurden von den Behandlungsgruppen und 30.235 Eier von den Kontrollgruppen erhalten. Die durchschnittliche Fekundität relativ zur Körpermasse betrug bei den Versuchstieren 3949 Eier pro kg Rogner (SD 1937), und bei den Kontrollen 6779 (SD 863) ($p \leq 0,05$).
3. Versuch S10 (El Molo): 1.707 Eier wurden von den Behandlungsgruppen und 1.341 Eier von den Kontrollgruppen erhalten. Die Fekundität relativ zur Körpermasse betrug im Durchschnitt bei den Versuchsfischen 1367 Eier pro kg Rogner (SD 663), und bei den Kontrollfischen 2173 (SD 788).

Die grossen Unterschiede in den Gesamteizahlen, die pro Herkunft erhalten wurden, sind in erster Linie die Folge der unterschiedlichen Anzahl durchgeführter Versuche (23 mit Manzala I, zwei mit Mazala II und einer mit El Molo). Die Ergebnisse sind durch diese grossen Unterschiede der Stichprobenumfänge daher statistisch nicht miteinander zu vergleichen. Von der Herkunft El Molo war jedoch bekannt, dass sie sich generell durch eine geringere Fekundität und mindere Eiqualität unter den Bedingungen des Grosskreislaufs auszeichneten (siehe auch 3.3.3.1 „Gruppenhaltung“).

Tabelle 20: Fekundität und Eiqualität während der Versuchsserie zum Salinitätseinfluss bei Gruppenhaltung. Herkunft: Manzala I (Versuche S1 bis S9)
0 PSU = Kontrollversuche

Salinität [PSU]	Dauer [d]	Wdh [n]	Σ LE [n]	Eier/kg [n]	Fisch (SD)	Befr.-rate [%]	(SD)	Schlupfrate [%]	(SD)	Schwimmrate [%]	(SD)
25	28	3	24	2907	1113	51,0	29,1	24,1*	17,1	17,7*	13,5
0	28	3	37	2972	1330	64,3	33,5	43,0	26,9	39,3	25,7
25	14	1	4	2990	1021	72,3	15,1	43,1	20,2	38,3	17,7
0	14	1	3	2536	3043	42,4	48,1	24,9	30,1	25,7	27,1
22	35	4	18	2678	1220	49,8*	32,0	27,1*	24,4	24,0*	22,6
0	35	4	59	4683	2305	65,2	27,4	43,2	23,3	38,9	21,6
22	28	3	13	1954	1291	65,4	28,4	51,4	25,0	47,2	24,5
0	28	3	37	2972	1330	64,3	33,5	43,0	26,9	39,3	25,7
22	24	2	12	2498	1269	68,1	23,1	45,0	18,5	41,4	18,6
0	24	2	7	3412	1903	79,7	22,3	58,7	22,9	51,8	23,9
22	21	2	9	2530	1237	39,4*	28,2	20,1*	19,2	18,9*	17,5
0	21	2	37	3136	1655	69,5	26,1	41,7	22,6	38,7	24,2
15	28	2	12	2067	956	59,6	31,2	30,5*	19,6	26,7*	18,4
0	28	1	5	4588	1421	73,4	24,5	47,1	21,0	40,9	20,4
15	24	4	16	2679	1106	66,8	30,4	41,3	28,6	33,5	27,2
0	24	2	7	3412	1903	79,7	22,3	58,7	22,9	51,8	23,9
15	21	2	7	3949	1536	58,4	25,8	24,7	14,7	20,0	10,8
0	21	2	37	3136	1655	69,5	26,1	41,7	22,6	38,7	24,2

Wdh = Anzahl der Versuchswiederholungen; Σ LE = Summe der Laichereignisse über den gesamten Versuchszeitraum; Befr.-rate = Befruchtungsrate;

* = signifikant vom Kontrollwert verschieden ($p \leq 0,05$), bezogen auf zugehörige Absolutwerte

Die Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrolltieren aller Herkünfte zeigt, dass die Fekundität durch eine erhöhte Salinität im Durchschnitt bei allen Herkünften negativ beeinflusst wurde. Tabelle 20 zeigt die Ergebnisse der Herkunft Mazala I im Einzelnen. Bei der höchsten getesteten Salinität (25 PSU) wurde bei der vierwöchigen Salzphase relativ zur Kontrollgruppe kein Unterschied in der

Fruchtbarkeit festgestellt. Bei der 2-wöchigen Phase sank die Fruchtbarkeit der Kontrollgruppen, nicht aber die der Versuchsgruppen. Diese Ergebnisse sind jedoch aufgrund der geringen Stichprobengrösse statistisch von geringer Aussagekraft. Die Eiqualität war bei der vierwöchigen Applikation im Vergleich zur Kontrolle in allen Eiquälitätskennzahlen schlechter, jedoch waren die Unterschiede nur in wenigen Fällen signifikant (siehe Tabelle 20). Bei einer 14-tägiger Salzphase war die Eiqualität bei den behandelten Fischen besser als die der Kontrolltiere. Deutlich zurück ging die Zahl der Laichereignisse ($p \leq 0,05$); (siehe auch 3.3.3.1). Bei einer Salinität von 22 PSU und unterschiedlicher Applikationsdauer waren die Fekundität und die Eiqualität gegenüber den Werten der Kontrollgruppen generell niedriger, auch hier waren die Unterschiede in der Regel nicht signifikant (siehe Tabelle). Tendenziell gleiche Ergebnisse erbrachten Versuche mit 15 PSU. Alle Werte waren durch hohe Variabilität und damit hohen Standardabweichungen gekennzeichnet. Dies ist für Reproduktionskennzahlen bei Fischen nicht ungewöhnlich und war bei der vorliegenden Arbeit durch die versuchstechnisch bedingten kleinen Stichprobenumfänge nicht kompensierbar. Die Versuche mit der Herkunft Manzala II (Versuche S11-1 und S11-2) sollten über Erkenntnisse zur Fekunditätsbeeinflussung hinaus, Erkenntnisse bezüglich einer genetischen Prädisposition für eine Beeinflussbarkeit der Laichbereitschaft durch äussere Faktoren bringen und wurden bereits in Kapitel 3.3.2.1 dargestellt.

Tabelle 21: Fekundität und Eiqualität während der Versuchsserie zum Salinitätseinfluss bei Gruppenhaltung. Herkunft: Manzala II (Versuch S11) und El Molo (Versuch S10)

Salinität [PSU]	Dauer [d]	Wdh	Σ LE [n] (SD)	Eier/kg Fisch [n] (SD)	Befr.-rate [%] (SD)	Schlupfrate [%] (SD)	Schwimmrate [%] (SD)
22 (S11)	35	2	14,5 (7,8)	3949 (1937)	7,2* (11,1)	3,4* (6,0)	2,7 * (5,1)
0 (K)	35	2	12,5 (7,1)	6779 (864)	59,6 (24,5)	43,1 (18,1)	37,5 (16,1)
22 (S10)	28	1	4 -	1367 (663)	47,4 (51,7)	0,0* (0,0)	0,0 * (0,0)
0 (K)	28	1	8 -	2127 (778)	43,0 (60,8)	25,0 (35,4)	15,4 (21,7)

Wdh = Anzahl der Versuchswiederholungen; Σ LE = Summe der Laichereignisse über den gesamten Versuchszeitraum; Befr.-rate = Befruchtungsrate;

* = signifikant vom Kontrollwert verschieden ($p \leq 0,05$), bezogen auf zugehörige Absolutwerte

Die Eiqualität der Fische der Herkunft Manzala II lag sowohl bei den Versuchsgruppen als auch bei den Behandlungsgruppen unter den Werten der Tiere der Manzala I – Herkunft. Die Verschlechterung durch den Einfluss der Salinität fiel bei Manzala II ebenfalls deutlicher aus als bei Manzala I.

Von den Fischen der Herkunft El Molo, die eine Salzbehandlung erfahren hatten, konnten keine Brut erhalten werden. Die Eiqualität war von allen erhaltenen Gelegen so schlecht, dass alle Eier bis zum 3. Erbrütungstag abgestorben waren. Bei den Kontrolltieren schlüpften aus durchschnittlich 25% der inkubierten Eier Larven und aus durchschnittlich 15% resultierten freischwimmende Brütlinge.

Einzelhaltung

Die Versuche zum Salzeinfluss während Einzelhaltung (Versuche S12 und S13) wurden ausschliesslich mit Tieren der Herkunft Manzala I durchgeführt. Als Konsequenz der Ergebnisse der Gruppenhaltung wurden die Tiere zunächst bei einer Salinität von 22 PSU und einer Applikationsdauer von fünf und vier Wochen gehalten. Anschliessende Versuche mit dreiwöchiger Applikationszeit bei 22 bzw. 16 PSU Salzgehalt sollte zeigen, ob unter diesen Bedingungen eine verbesserte Eiqualität möglich wäre. Insgesamt wurden 98150 Eier gestreift, davon 60.531 Eier von den Versuchsgruppen und 37619 Eier von den Kontrollgruppen. Es wurde die gleiche Anzahl Kontrollansätze wie Versuchsansätze durchgeführt (n =4).

Auch in dieser Versuchsserie mit Einzelhaltung war es nicht in jedem Fall möglich, die Eier von den Rognern zu erhalten, bevor sie diese ins Maul genommen hatten. Bei den Versuchstieren konnten bei insgesamt 52 registrierten Laichereignissen von 41 Rognern die Eier gestreift werden (78,8%), bei den Kontrolltieren waren es von 65 nur 36 (55,4%). Die Gesamtfekundität des Versuchstierbestandes kann somit nicht direkt mit der Gesamtfekundität des Kontrolltierbestandes verglichen werden, wohl aber die durchschnittliche Fekundität der einzelnen Versuchsfische mit der der Kontrollfische. Sie lag bei den Versuchstieren mit durchschnittlich 1493 Eiern pro Tier (SD 241) über der der Kontrollfische mit 1255 Eiern pro Tier (SD 250). (Siehe

Anhangstabelle A5). Bezogen auf die Körpermasse lag die Eizahl dagegen bei den Versuchsfischen mit 3414 Eier pro kg Rogner (SD 1299) unter der der Kontrollfische mit 4042 Eier pro kg Rogner (SD 739). Dies war jedoch auf zum Teil kleinere Fische unter den Kontrollfischen zurückzuführen.

Tabelle 22: Fekundität und Eiqualität während der Versuchsserie zur Salinität bei Einzeltierhaltung. (Herkunft: Manzala I; Versuche S12 und S13).

Salinität [PSU]	Dauer [d]	Wdh [n]	Σ LE [n]	Eier/kg Fisch [n]	Fisch (SD)	Befr.-rate [%]	(SD)	Schl.-rate [%]	(SD)	Schw.-rate [%]	(SD)
22	35	3	19	2896	1484	34,9*	36,1	21,6*	26,2	16,0*	21,5
22	28	1	6	2170	1170	55,2	34,4	26,3	25,8	21,7	22,4
22	21	1	7	4604	1703	72,2	34,2	41,0	30,3	39,9	29,3
16	21	1	7	4139	1717	69,6	28,3	35,0	29,2	32,2	28,0
0 (K)	35	3	13	3905	1612	74,9	28,4	51,1	26,1	47,7	24,9
0 (K)	28	1	5	5288	886	65,9	37,1	35,2	25,8	29,9	22,4
0 (K)	21	2	11	3790	2056	62,9	31,0	29,6	24,8	22,7	25,0

Wdh = Anzahl der Versuchswiederholungen; Σ LE = Summe der Laichereignisse über den gesamten Versuchszeitraum; Befr.-rate = Befruchtungsrate;

* signifikant vom Kontrollwert verschieden ($p \leq 0,05$), bezogen auf zugehörige Absolutwerte

Tabelle 22 stellt ausser der durchschnittlichen Fekundität auch die Unterschiede in der Eiqualität zwischen Versuch und Kontrolle sowie die Unterschiede in der Eiqualität bei unterschiedlichen Applikationszeiten der Salzphasen dar. Eine 5-wöchige Salzphase brachte bezüglich der Eiqualität schlechtere Ergebnisse als eine 4-wöchige. Eine 3-wöchige Salzapplikation brachte bei allen Qualitätsparametern die besten Ergebnisse. Zu unterscheiden ist hierbei zwischen einem Salzgehalt von 22 und 16 PSU. Beim niedrigeren Salzgehalt betrug die Befruchtungsrate 69,6 %, die Schlupfrate 35,0 % und die Schwimmrate 32,2 %. Bei 22 PSU und 21 Tagen waren die Werte mit einer Befruchtungsrate von 72,2 %, einer Schlupfrate von 41,0 % sowie einer Schwimmrate von 39,9 % noch höher. Die Unterschiede dieser Werte zu den Werten aus vier- und fünf-wöchiger Applikationszeit waren signifikant ($p \leq 0,05$).

3.3.4 Versuche zum pH-Einfluss

Beim Durchführen der Versuche zum pH-Wert bei Salzwasserhaltung musste festgestellt werden, dass eine Absenkung auf pH 5 bei 22 PSU letale Folgen für die Versuchsfische hatte. Der pH wurde innerhalb von 48 Stunden abgesenkt und sollte weitere 24 Stunden auf dem Wert von 5 stabilisiert werden. Nach 48 Stunden zeigten einzelne Versuchstiere schwache Symptome von Dehydrierung (weissliche, ausgefranste Flossen, weissliche Verfärbung des Schuppenschleims auf der Körperoberfläche). Nach weiteren 12 Stunden waren von diesen äusserlich sichtbaren Schäden alle Tiere betroffen, einige schwer. Um die Haltungsumwelt der Tiere zu verbessern, wurde das saline Wasser durch Frischwasser mit pH 7 im Durchlauf ersetzt. Im Verlauf der nächsten 12 Stunden starben 10 von 12 Tieren, ein weiteres 3 Tage später. Ein Tier erholte sich innerhalb von 6 Wochen, war jedoch zwischenzeitlich extrem abgemagert, da es mehrere Wochen die Nahrungsaufnahme verweigerte.

4. Diskussion

Die Zahl potentieller Einflussfaktoren auf die Reproduktion von Tilapien ist gross, und sowohl über ihre genaue Anzahl als auch über die einzelnen zugrundeliegenden Mechanismen ist noch wenig bekannt.

Die Gametogenese und das Ablaichverhalten wird von biotischen und abiotischen sowie von sozialen Faktoren beeinflusst. Nahrungsangebot und Futterqualität, Wassertemperatur, Wasserstände, Regenzeiten und andere klimatische Einflüsse, pH-Wert, Salinität, O₂-Konzentration, werden neben weiteren Grössen als Einflussfaktoren diskutiert (LOWE-McCONNEL, 1958; HYDER, 1970; SRISAKULTIEW und WEE, 1988; MSISKA und COSTA-PIERCE, 1997; TERKATIN-SHIMONY et al., 1980; FINEMAN-KALIO, 1988; SURESH und LIN, 1992).

Aus dieser Vielzahl wurden durch das Studium der bisher veröffentlichten Literatur vier Faktoren gewählt, die auf ihre grundsätzliche Eignung als Synchronisationsinstrumente untersucht werden sollten. Neben der Prüfung einer grundsätzlichen Eignung der Wasserparameter Temperatur, Härte, Salinität und pH-Wert wurden Wasserhärte und Salinität im Rahmen der vorliegenden Arbeit einem Screening bezüglich Wirkkonzentration und Applikationsdauer unterzogen, um Anhaltspunkte über diese Grössen zu erhalten.

Mittels Variation dieser natürlicher Umweltfaktoren konnte im Rahmen der Arbeit gezeigt werden, dass der Faktor Salinität erfolgreich zur Synchronisierung von Laichfischbeständen der Speisefischart *Oreochromis niloticus* unter den Bedingungen einer Kreislaufanlage eingesetzt werden kann. Damit liegt nach Einsatz von Licht- und Fütterungsprogrammen (BALARIN, 1979; PUCKHABER, 1992) und wenig erfolgreich verlaufenden Temperaturprogrammen und Hypophysierungsversuchen (SRISAKUL-TIEW und WEE, 1988) ein weiteres Managementinstrument vor, den Laichzeitpunkt von Rognern zu beeinflussen.

Obgleich Tilapien der Art *Oreochromis niloticus* euryhaline Fische sind, setzt ihre maximale Salzverträglichkeit dem Einsatz von Meersalz bezüglich Salzkonzentration und Applikationszeit Grenzen (LIGHTNER et al., 1988; SURESH und LINN, 1992). Zu Einschränkungen führten bei den hier beschriebenen Versuchen einerseits gelegentlich auftretende Hautaffektionen bei den Laichfischen, andererseits wurde die Eiqualität der erhaltenen Gelege beeinträchtigt. Angesichts dieser Fakten wurden zum einen Untersuchungen zur Eignung anderer Faktoren – Wasserhärte, Wassertemperatur und pH-Wert – durchgeführt und zum anderen bei den Experimenten zur Salinität die Applikationsdauer und die Anwendungskonzentration in einer grossen Bandbreite variiert, um möglichst geringe unerwünschte Nebenwirkungen zu erhalten.

Die Interaktion der verschiedenen Einflussgrössen - unter anderen Salinität, Temperatur und pH-Wert, aber auch Nitrit-, Nitrat- und Ammoniumstickstoff, sowie nicht abbaubare und daher akkumulierende Wasserinhaltsstoffe (Gelbstoffe) führen unter den praxisnahen Bedingungen, wie sie für diese Forschungsarbeit genutzt wurden, zu einer erheblichen Anzahl kombinierter Einflussgrössen, die mit vertretbarem Aufwand nicht alle untersucht werden konnten. Die Auswahl der getesteten Grössen führte im Rahmen der vorliegenden Untersuchung zur Entwicklung einer Managementstrategie, welche die Synchronisierung von *O. niloticus* Laichfischen in einem bisher nicht erreichten Ausmass zu ermöglichen scheint. Folgende, während des Screenings gewonnene, grundsätzliche Erkenntnisse müssen zunächst dargestellt werden:

- Eine Erhöhung der Wasserhärte mit Calciumsalzen war einfach zu realisieren, brachte jedoch sowohl bei Gruppenhaltung als auch bei der Einzeltierhaltung keine eindeutigen Ergebnisse. Die Regulierung der Calciumionenbalance erfolgt nach GRAU et al. (1986) innerhalb des gleichen osmoregulatorischen Systems wie die Regulierung des Salzhaushaltes, scheint jedoch entweder nicht mit dem Hormonsystem der Reproduktion verknüpft, oder durch das vorliegende experimentelle Design nicht in entsprechender Weise aktiviert worden zu sein.

-
- Die kurzfristige Absenkung der Haltungstemperatur stellt nach SRISAKULTIEW und WEE (1988) eine Möglichkeit dar, die Häufigkeit von Laichereignissen in einer nachgeschalteten Beobachtungsphase zu erhöhen. In den durchgeführten Experimenten lag die Zahl der Laichereignisse nach der Abkühlung zwar höher als vor der Abkühlung, jedoch konnte in der nachgeschalteten Beobachtungsphase unter Durchlaufbedingungen kein besseres Ergebnis als bei den Kontrollversuchen festgestellt werden.
 - Variationen der Salinität der Haltungsumwelt beeinflussten die Laichbereitschaft aller getesteten Herkünfte deutlich. Tests verschiedener Versuchdesigns ergaben eine bis zu 88%ige Synchronisation eines Laichfischbestandes innerhalb einer Ablaiaphase von 7 Tagen. Daraus ist zu schliessen, dass die Regulierung des Salzhaushaltes mit der Reproduktion verknüpft ist und unter geeigneten Bedingungen zur Gleichschaltung der Reproduktionszyklen individueller Rogner führen kann.
 - Die Kombination kurzer Ansäuerung des Haltungswassers mit den Bedingungen erhöhter Salinität, stellt eine letal wirkende Kombination dar, die einen gesamten Laichfischbestand töten kann. Diese Wirkung von pH-Werten, die in Süßwasser keinerlei äusserlich erkennbare negative Folgen haben, scheinen in Salzwasser mit 22 PSU zu einer völligen Überlastung des osmoregulatorischen Systems zu führen.

Dererlei negative Folgen für die Laichfische wurden in der Versuchserie zum Härteeinfluss in keinem Fall beobachtet. Die Zahl der Laichereignisse lag jedoch bei den in Gruppen und als Einzeltiere gehaltenen Fischen, die einer Wasserhärteerhöhung ausgesetzt waren, im Durchschnitt deutlich unter der der Kontrolltiere. Eine Dämpfung der Laichbereitschaft durch Calciumchloridionen konnte somit klar erkannt werden.

Weiterhin konnte ein Effekt auf die Eiqualität festgestellt werden. Befruchtungs-, Schlupf- und Schwimmraten lagen im Durchschnitt unter den Werten der Kontrollgruppen, wobei die Schwankungsbreite (und damit die Standardabweichungen) sowohl bei den Werten der Versuchstiere als auch bei denen der Kontrolltiere erheblich waren. Mit der durchgeführten Datenanalyse (T-

Test für einzelne Gruppen und deren Kontrollen) konnte keine Signifikanz in den Unterschieden zwischen Versuchs- und Kontrollergebnis bezüglich der Eiquantitätskennzahlen Befruchtungsrate, Schlupfrate und Schwimmrate nachgewiesen werden. Die Eiquantitätskennzahlen waren bei allen durchgeführten Untersuchungen mit hohen Standardabweichungen behaftet. Dies ist bei Reproduktionszahlen von Fischen nicht unüblich und kann auf die unterschiedliche Sensibilität der Tiere gegenüber der erhöhten Calciumionenkonzentration (bei den Versuchsgruppen), auf das Vorhandensein anderer, nicht kontrollierter bzw. nicht erkannter Wasserparameter wie z. B. Gelbstoffakumulation, oder grundsätzlich auf eine individuell unterschiedliche Leistung der Tiere bezüglich der Reproduktion zurückgeführt werden. Auch der Abstreifzeitpunkt der als laichreif erkannten Rogner spielt für die Befruchtungsrate eine entscheidende Rolle (Puckhaber, 1992). Dieser könnte in der ersten Phase der vorliegenden Arbeit, aufgrund sich erst nach und nach einstellender Routine nicht in jedem Fall optimal getroffen worden sein. Einen weiteren Einflussfaktor stellt die künstliche Erbrütung im Brutschrank durch mögliche Schwankungen der Turbulenz in den Inkubationsgläsern, unterschiedlich hoher Keimzahl und anderer, nicht näher definierbarer, sogenannter Flascheneffekte (Wandeffekte, höhere Kollisionshäufigkeit, ect.) dar.

Die Anzahl der möglichen fixen und zufälligen Effekte ist somit beträchtlich, und da gleichzeitig die Anzahl der Daten zu einem jeweiligen Versuch gering war, wurde keine Varianzanalyse durchgeführt. Die begrenzte Anzahl an erhaltenen Daten war zum einen auf die begrenzte Haltungskapazität der Versuchskreisläufe zurückzuführen (kleine Tiergruppen von 14 Fischen), zum anderen konnte nur eine begrenzte Anzahl von Versuchswiederholungen durchgeführt werden, da das Versuchsdesign ein Screening vieler möglicher Faktoren und keine Untersuchung eines bereits eingegrenzten Einflussfaktors war.

Der Einfluss der Calciumchloridionen scheint auch deshalb nicht der alleinige Faktor für die Beeinträchtigung der Eiquantität gewesen zu sein, da die besten Werte bei den Versuchen mit der höchsten Wasserhärte (40° GH) erzielt wurden; jedoch lagen auch diese Werte unter denen der Kontrolle. Auch war bei diesen Versuchen die

Gelegegrösse höher als bei allen anderen Versuchen und höher als bei den Kontrollgruppen (siehe Tabelle 14 und Anhangstabelle 2).

Mögliche soziale Störgrössen, welche auch die Eiqualität beeinflussen könnten, sollten während eines Versuches mit einzeln gehaltenen Tieren ausgeschaltet werden. Es wurden Versuchsbedingungen bezüglich Konzentration und Anwendungsdauer gewählt, die sich in früheren Versuchen zum Härteeinfluss als günstig für die erzielbare Synchronisationsrate erwiesen hatten (siehe Tabelle 14 und 15). Befruchtungs-, Schlupf- und Schwimmraten der Versuchstiere waren bei hoher Variabilität (hohe Standardabweichungen) einerseits höher als bei den Gruppenversuchen unter gleichen Bedingungen und andererseits niedriger als die Werte der Kontrolltiere. Die Ausschaltung sozialer (Stress-)Faktoren wirkte sich somit positiv sowohl auf die Versuchs- als auch auf die Kontrolltiere aus, jedoch konnten die negativen Einflüsse der Wasserhärteerhöhung auf die Eiqualität durch das veränderte Haltungsmanagement offensichtlich nicht vermindert werden. Dies kam vor allen Dingen durch die um mehr als 100% verminderte Schwimmrate der Versuchsfische im Vergleich zur Kontrolle zum Ausdruck. Kritisch zu bewerten ist die geringe Anzahl an Daten, die zur Beurteilung der Eiqualität zur Verfügung stand. Dies ergab sich aus der Tatsache, dass die einzeln gehaltenen Fische in vielen Fällen abgelaicht und die Eier ins Maul genommen hatten, bevor die Laichwilligkeit erkannt und die Tiere abgestreift werden konnten. Der Versuch mit einzeln gehaltenen Fischen wurde auf Grund von mangelndem Synchronisationserfolg nicht wiederholt.

Der Synchronisationserfolg aller zum Wasserhärteeinfluss durchgeführten Versuche war nicht zufriedenstellend und lässt den Schluss zu, dass die Wasserhärte kein Instrument darstellt, die Laichbereitschaft zeitlich zu steuern, den Verlauf der Eientwicklung kurz vor der Ovulation anzuhalten und somit eine Gruppe von Laichfischen bezüglich des Laichzeitpunktes zu synchronisieren. Dies bestätigte die grosse Anzahl an Zwischenlaichereignissen während der Versuche mit Gruppen- und Einzeltierhaltung ebenso wie die geringen Synchronisationsraten (Tabelle 10 und Abbildung 5). Besonders bei Einzelhaltung zeigten sich die in hartem Wasser

gehaltenen Tiere von ihrer Haltungsumgebung völlig unbeeindruckt. Während der Hartwasserphase waren 60% der Fische laichbereit, davon zwei Tiere innerhalb der fünf Wochen zweimal. Eines dieser beiden Tiere laichte in der sich anschliessenden Beobachtungsphase ein drittes Mal und zeigte somit Zwischenlaichzeiten von nur 14 Tagen. Die Zwischenlaichzeiten waren bei Tieren, die in einem ersten Versuch mit Gruppenhaltung (H1-1 bis H1-5) mehrfach gelaicht hatten, durch eine grosse Schwankungsbreite gekennzeichnet, die keine individuelle Regelmässigkeit erkennen liessen. Auch in einer vergleichbaren Kontrollgruppe waren keine konstanten individuellen Zwischenlaichzeiten einzelner Tiere erkennbar. Offenbar wurde durch die vorliegenden Versuchsbedingungen – sowohl durch das Wasserhärteregeime, als auch durch den Wechsel von Batch- und Durchlaufphasen in den Kontrollen - der endogene Rhythmus der Tiere so gestört, dass keine regelmässigen, individuellen Zwischenlaichzeiten zu beobachten waren. Nach HABITZKY- BIESTER (1987) wären bei den Kontrolltieren Zwischenlaichzeiten von ca. 27 Tagen zu erwarten gewesen.

Die Beobachtung, dass sowohl einzeln gehaltene Tiere mit veränderter Versuchsumgebung, als auch in der Kontrolle einzeln gehaltenen Tiere in der Summe mehr Laichereignisse erbrachten, als in der Gruppe gehaltene Versuchs- und Kontrolltiere, lässt sich auf den Ausschluss sozialer Stressfaktoren zurückführen. In der Gruppe werden kleinere Tiere generell von dominanteren Tieren unterdrückt und gelangen daher nicht zum Ablachen.

Kurzfristige Temperaturverminderungen wie sie SRISAKULTIEW und WEE (1988) in einer Studie zur Synchronisation von *O. niloticus* Laichfischbeständen einsetzten, zeigten in einem ersten Test, der im Rahmen der vorliegenden Arbeit in drei Versuchen ohne Wiederholungen durchgeführt wurden, keine synchronisierende Wirkung. Der Versuchsansatz wurde deshalb nicht weiter verfolgt. Es wurden zwar bei zwei von drei durchgeführten Versuchen nach der erfolgten Abkühlung in den Versuchsgruppen mehr Laichereignisse erzielt als vor der Abkühlung (Tabelle 16), in der nachgeschalteten Beobachtungsphase mit Durchfluss der Versuche 2 und 3 war jedoch keine erhöhte Laichbereitschaft gegenüber der Kontrolle zu beobachten.

Im Gegensatz zum Versuchdesign von SRISAKULTIEW und WEE, die versucht hatten, Rogner mit ähnlich weit fortgeschrittenem gonadalem Reifegrad für ihre Untersuchungen einzusetzen, wurde in der vorliegenden Arbeit keine solche Auswahl getroffen. Die Tiere wurden somit in unterschiedlichen Stadien ihrer Entwicklung mit den kühlen Temperaturen konfrontiert. Diese Abkühlung stellte möglicherweise nur für weit in ihrer Entwicklung fortgeschrittene Tiere ein Signal dar abzulaichen. In den Versuchen T1 und T3 traten kurz nach der Abkühlung jeweils ein Laichereignis ein. Ein deutlicher Hinweis, der die oben formulierte Vermutung unterstützt hätte, wurde jedoch nicht beobachtet. Dieser mögliche Effekt blieb eventuell auch wegen der zu geringen Anzahl an Versuchstieren und Versuchswiederholungen unentdeckt. Auf die weitere Häufigkeit der Laichereignisse der Gesamtgruppe hatte die Abkühlung ebenfalls keinen Einfluss. Es zeigte sich somit, dass kurzfristige Abkühlung als alleiniges Synchronisationsinstrument nicht einsetzbar zu sein scheint. Kombinationen mit den Untersuchungen zur Salinität wurden nicht durchgeführt. Die hohe Synchronisationsrate bei den Versuchen zum Salzeinfluss mit gleichzeitiger Einzeltierhaltung gab keinen Anlass, zur weiteren Steigerung Kombinationsversuche durchzuführen. Ob eine zeitliche Komprimierung von Laichereignissen, die nach einer Salzbehandlung eingetreten waren, durch das zusätzliche Setzen eines Kältesignals möglich wäre, wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht untersucht, sollte jedoch in weiteren Untersuchungen geprüft werden.

Die Ergebnisse der Eiquantitätsuntersuchungen waren nicht aussagefähig, da ihnen bei hohen Standardabweichungen zu wenige Beobachtungswerte zugrunde lagen.

Im Gegensatz zu den Versuchen zum Wasserhärte- und Temperatureinfluss konnte bei den Untersuchungen zum Einfluss der Salinität bei der Herkunft Manzala I eine eindeutige Verschiebung des Abweichzeitpunktes bei allen durchgeführten Versuchen festgestellt werden (Tabelle 17 und 19, Abbildung A 5 im Anhang). Die Anzahl der Laichereignisse war bei Versuch und Kontrolle im Durchschnitt gleich hoch. Während der Brackwasserphasen der Versuche traten ab einem Salzgehalt von 22 PSU keine

Laichereignisse (sogenannte Zwischenlaichereignisse) mehr auf. Alle beobachteten Ereignisse fielen in die sich anschliessenden Süsswasserphasen. Dies bedeutet, dass die Salinität ab 22 PSU die Laichbereitschaft zeitlich verzögern kann, sie jedoch nicht nachhaltig unterdrückt. Dennoch war die Eiqualität der Gelege aus Salzbehandlung schlechter als die Qualität der Eier der Kontrolltiere. Gewisse negative Effekte durch Aufsalzen des Haltungswassers auf Werte, die das Laichen der Tiere aufschob, mussten also in Kauf genommen werden. Bei 15 PSU traten einerseits Zwischenlaichereignisse auf, andererseits war auch bei diesem Salzgehalt die Eiqualität gegenüber der Kontrolle vermindert. Auch bei 22 PSU Salzgehalt, der sich im Screening als optimal bezüglich Synchronisationsrate und Verträglichkeit erwiesen hatte, war bei Einzeltierhaltung bei der Anwendungsdauer von 28 und 35 Tagen eine gegenüber den Kontrollwerten verminderte Eiqualität zu beobachten.

Auch bei den Versuchen zur Salinität erschwert, wie bei den Versuchen zur Wasserhärte, die hohe Variabilität bei der Eiqualität, bei gleichzeitig kleinen Datensätzen, die Bewertung der Ergebnisse.. Die nur kleinen Tierzahlen die pro Versuch wegen der begrenzenden Becken- bzw. Versuchskreislaufkapazitäten eingesetzt werden konnten (12 Tiere pro Versuch) und die geringe Anzahl an Wiederholungen auf Grund des Screening-Ansatzes, standen der hohen Variabilität der Befruchtungs-, Schlupf- und Schwimmraten gegenüber. Diese könnten auf die unterschiedliche Sensibilität der Tiere gegenüber der erhöhten Salzkonzentrationen (bei den Versuchsgruppen), auf das Vorhandensein anderer, nicht kontrollierter bzw. nicht erkannter Wasserparameter wie z. B. Gelbstoffakumulation, oder grundsätzlich auf eine individuell unterschiedliche Leistung der Tiere bezüglich der Reproduktion zurück geführt werden. Einen weiteren Einflussfaktor stellt auch hier die künstliche Erbrütung im Brutschrank durch mögliche Flascheneffekte dar.

Die Synchronisation der Laichereignisse war bei den Versuchen mit Einzeltierhaltung konstant höher als bei den Versuchen mit Gruppenhaltung. Die Ausschaltung sozialer Faktoren scheint somit ein entscheidendes Managementinstrument bei der zeitlichen Beeinflussung der Laichbereitschaft darzustellen. Artspezifische

Aggressionen und Dominanz stärkerer Tiere, die zur Vermeidung der Weitergabe der genetischen Information schwächerer Tiere führt, gehört in der natürlichen Umgebung vieler Tierarten und auch territorialer Fischen wie den Cichliden, zu denen die Tilapien zählen, zum Reigen natürlicher Selektionsmechanismen. Sie führt zur Flucht oder Unterlegenheitsreaktion beim schwächeren Tier. In der Umwelt von Nutztieren, in der der Züchter die Selektion direkt durch Zuchtauswahl beeinflusst, werden diese Mechanismen in der Regel ausgeschaltet. Im eng begrenzten Raum eines Haltebeckens oder –aquariums sind jedoch bei Gruppenhaltung keine Fluchtreaktionen möglich, also reagieren schwächere Tiere nach Herstellung einer Rangordnung mit der Einstellung ihrer Laichbereitschaft. Dies konnte im Verlauf von Versuchsserien mit mehr als drei Versuchsdurchgängen, durch drastisches Zurückgehen der Laichereignisse bei den Kontrollen beobachtet werden (Abbildung A5 im Anhang). Bei mehreren aufeinander folgenden Durchgängen konnten meist nur von denselben Tieren Gelege erhalten werden. Durch Änderung des Haltemanagements (Einzelhaltung anstelle von Gruppenhaltung) war es möglich von bis zu 80 % der Tiere einer Versuchsgruppe Gelege zu erhalten. Diese Raten waren wiederholbar (Versuch 12-1 bis 12-3, 13-1 bis 13-2; Anhangstabelle A7).

Während der Versuchsserie mit Gruppenhaltung wurden auch Untersuchungen mit Fischen der Herkunft El Molo (Kenia) und Manzala II (Nachkommen zweier homozygoter Eltern) durchgeführt.

Über die Ursachen der schlechten Reaktion der El Molo - Tiere können nur Mutmassungen angestellt werden. In der Vergangenheit hatten sich in der Haltungsumwelt der Institutskreislaufanlage, die Tiere der Herkunft El Molo durch ihre geringe individuelle Laichbereitschaft, geringere Fekundität und schlechte Eiqualität von den Tieren der Herkunft Manzala I unterschieden. Gründe für diese Unterschiede in der Reproduktionsleistung und Möglichkeiten sie zu beseitigen, sind bisher nicht bekannt.

Da es sich bei diesen Tieren um Nachfahren von Wildfängen aus dem Lake Rudolph (Turkana) handelt, die über die Baobab-Farm bei Mombasa an das Institut nach Göttingen kamen (OLDORF et al., 1989) und sich die Wasserwerte des Lake

Turkana durch ihre hohe Alkalinität und hohen Salzgehalt von den Wasserwerten anderer Vorkommensgebiete unterscheiden (TREWAWAS, 1983), könnten dies Gründe für die schlechte Leistung der Tiere unter den Bedingungen der Institutskreislaufanlage sein. Von den Versuchen mit erhöhter Salinität wurde daher erwartet, dass die Tiere mit erhöhter Laichbereitschaft reagieren würden. Offensichtlich waren die Versuchsbedingungen, die bei Manzala I-Fischen eine Veränderung in der Laichbereitschaft zur Folge hatten, für die El Molo-Fische jedoch nicht geeignet, die Reproduktionsleistung zu verbessern oder die Tiere im Laichverhalten zu synchronisieren (Tabelle 18). Besonders die Beobachtung, dass bei keinem der erzielten Gelege der behandelten Fische, die befruchteten Eier eine Entwicklung bis zum Schlupf der Jungfische durchliefen, sondern ausnahmslos vorher abgestorbenen waren, zeigte, dass die vorgegebenen Bedingungen für diese Fische völlig ungeeignet waren (Tabelle 21). Eventuell benötigen Fische dieser Herkunft für verbesserte Reproduktionsleistungen Wasserwerte, welche denen des Lake Turkana insbesondere bezüglich der Alkalinität näherkommen.

Versuche mit heterozygot isogenen Nachkommen zweier homozygoter Elterntiere verschiedener Linien sollten erste Hinweise auf eine mögliche, genetisch bedingte Prädisposition für die Synchronisierbarkeit der Ovulation mit Hilfe von Salzregimen erbringen. Ein eindeutiges Ergebnis sollte bei diesen Tieren, die einen identischen Genotyp aufwiesen, die Aussage zulassen, dass der Grund für eine Reaktion auf veränderte Bedingungen während des Salzregimes, genetisch fixiert sei, da alle Tiere gleich reagiert hätten.

Der erste Versuch erbrachte mit einer S7-Synchronisationsrate von 44,4% einen Wert der dem durchschnittlichen Wert der Versuche mit Fischen der Herkunft Manzala I entsprach, also keine Prädispositionierung annehmen lies. Der zweite Versuch jedoch, erbrachte eine Synchronisationsrate von 88,9 %. Beide Werte unterschieden sich hoch signifikant von den jeweiligen Kontrollwerten. Aufgrund des nur einen vorliegenden hohen Wertes und angesichts der Ergebnisse der Versuche mit Einzelhaltung bei Tieren der Herkunft Manzala I, in der ebenfalls Werte bis 83,3 % erzielt wurden, kann zu einer potentiell vorliegenden, genetisch fixierten

Prädisposition anhand des einen getesteten Genotyps keine konkrete Aussage gemacht werden.

Die Rolle des Hormons Prolactin bei Tilapien war zum Zeitpunkt der Durchführung der vorliegenden Arbeit zwar Gegenstand weltweiter Forschung und Veröffentlichungen, jedoch waren die Erkenntnisse noch unvollständig und die postulierten Ansätze teilweise spekulativ. Somit können auch in der Interpretation der eigenen Ergebnisse nur potentiell mögliche Zusammenhänge aufgezeigt werden.

Die Plasma-Prolactinkonzentrationen Salzwasser-adaptierter *O. mossambicus* ist geringer wie die von Süßwasser-adaptierten Tieren (SHEPHERD et al., 1999). Beim Transfer von 32 PSU nach 0 PSU reagierten *O. mossambicus* mit einem Anstieg der Prolactinblutkonzentrationen (YADA et al., 1994). Dies legt nahe, dass bei den Versuchen der vorliegenden Arbeit der Transfer von 22 PSU nach 0 PSU ebenfalls einen Prolactinanstieg im Serum der Fische zur Folge gehabt haben könnte (die Bestätigung durch die Analyse der entsprechenden Blutproben stand zum Zeitpunkt der Drucklegung der vorliegenden Arbeit noch aus). Nach 24 bis 48 Stunden konnten die ersten laichbereiten Rogner beobachtet werden. Ob diese einsetzende Laichbereitschaft eine Folge des Prolactinanstiegs sein könnte, muss durch die anstehenden Untersuchungen zur ta-GTH II-Konzentration in den vorliegenden Blutproben noch untersucht werden. Ein Anstieg der GTH II-Konzentration erfolgt zum Ende der Eireifung, also bei der Ovulation (NAGAHAMA et al., 1993). Ein aufgezeigtes zeitliches Aufeinanderfolgen von Prolactin- und GTH II-Peaks könnte somit die Annahme erhärten, dass das zeitlich synchrone Laichverhalten gleich behandelter Tiere eine Folge dieses Prolactinanstiegs sein könnte.

Die Einstellung der Laichbereitschaft bei Salinitäten über 22 PSU, die unter den Bedingungen der Versuchskreisläufe bei Fischen der Manzala I-Herkunft während aller Versuche festgestellt wurde, könnte auf eine Doppelfunktion osmoregulatorisch wirkender Hormone, besonders jedoch Prolactin, zurück geführt werden. Hormone der Prolactin-Familie, also Prolactin, Wachstumshormon und Somatolactin sind in das komplexe Geschehen der Reproduktion eingebunden (HAZON und BALMENT,

1999). Prolactin und Wachstumshormon spielen auch bei der Synthese der Geschlechtssteroiden eine Rolle (SINGH et al., 1988; VAN DER KRAAK, 1990) und sind möglicherweise neben den Gonadotropinen von ausschlaggebender Bedeutung.

Wechselnde Plasma und Hypophysenkonzentrationen von Prolactin während der Vitellogenese und der Maulbrutphase veranlassten TACON et al. (2000) zu dem Schluss, dass dieses Hormon zu Beginn der Vitellogenese und auch während der Brutpflege eine Rolle spielen könnte. Da die Blutkonzentrationen von Prolactin bei hohen Salzgehalten niedriger ist als bei Süßwasser (YADA, et al., 1993), könnte dies ein Grund für die Einstellung der Laichbereitschaft oberhalb von 22 PSU sein, wenn davon ausgegangen wird, dass Prolactin und/oder GH essentiell an der Vitellogenese, der finalen Eireife und der Ovulation beteiligt sind. Nach Ansicht von AUPERIN et al. (1995) kann Prolactin bei *O. niloticus* als Antagonist von GH bei der Adaptation an hohe Salinitäten angesehen werden und hat daher möglicherweise ebenfalls Funktionen bei der Reproduktion. Bei der Osmoregulation kommt dagegen GH nach Ansicht von AUPERIN et al. (1995) bei *O. niloticus* keine Funktion zu.

Schlussbetrachtung und Ausblick

Durch Screening der Anwendungsdauer und -intensität der Haltungsfaktoren Wasserhärte, Temperatur, Salzgehalt und pH-Wert auf Eignung als Synchronisierungsinstrumente bei Laichfischen der Art *Oreochromis niloticus*, konnte eine Strategie mittels Aufsalzen des Haltungswassers und Einzeltierhaltung entwickelt werden, die eine Synchronisierung von bis zu 83% (MW 75,6%; SD 5,8%) eines gesamten Laichfischbestandes ermöglicht.

Die Versuche der vorliegenden Arbeit wurden an relativ kleinen Tiergruppen durchgeführt. Die Ergebnisse bedürfen deshalb einer Absicherung an weiteren Tiergruppen. Die dazu erforderlichen Versuche mit grösseren Tierzahlen sollten darüberhinaus ausschliesslich an Fischen durchgeführt werden, die zuvor keiner

Behandlung ausgesetzt waren. Weiterhin sollten möglicherweise eintretende Gewöhnungs- und andere Effekte durch Wiederholungen der Behandlung an der selben Tiergruppe eruiert werden.

Das Instrument Salinität, das zur erfolgreichen Synchronisierung führte, weist jedoch enge Wirkungsgrenzen auf. Ob diese Wirkungsgrenzen auf andere Tilapienpopulationen und andere Haltungs- bzw. Produktionssysteme übertragbar sind, ist unklar. Daher sind Untersuchungen mit anderen Tilapienherkünften und -populationen im Versuchs- und Praxismaßstab für die Zukunft wünschenswert.

Ausserdem müssten in gezielten Tests zur Applikationsdauer und zur Konzentration, auf der Grundlage der jetzt vorliegenden Erkenntnisse, weitere Fakten erarbeitet werden, um die Salinität als Synchronisationsinstrument noch gezielter einsetzen zu können. Besonders der negative Einfluss hoher Salzgehalte auf die Eizqualität bedarf noch weiterer Untersuchungen. Intervallanwendungen von wechselnden Salzkonzentrationen zwischen 15 und 22 PSU könnten eine mögliche Basis für weitere Untersuchungen darstellen.

Eine weitere zeitliche Einengung der Laichereignisse auf reproduzierbare ein bis drei Tage wäre für eine Praxisrelevanz ebenfalls von Vorteil. Die erzielten S₃-Synchronisationsraten von durchschnittlich 62,0% (SD 19,7) zeigen an, dass eine zeitliche Eingrenzung der Laichereignisse möglich ist. Zum Zweck weiterer zeitlicher Komprimierung scheinen Kombinationen mit anderen Faktoren, wie beispielsweise erhöhte bzw. verminderte Temperaturen oder Licht- und Fütterungsprogrammen geeignet und müssten ebenfalls in entsprechenden Versuchsserien getestet werden.

5. Zusammenfassung

Tilapien, die mit vier verschiedenen Gattungen zu den Buntbarschen (*Cichlidae*) gezählt werden, haben seit ihrem ersten artifiziellen Transfer 1939 eine enorme weltweite Verbreitung erfahren, und werden heutzutage in ca. 100 verschiedenen Ländern kommerziell produziert. Bei Vertretern der Gattung *Oreochromis*, die bezüglich der Produktionszahlen mittlerweile weltweit in der Rangliste der in Kultur genommenen Speisefische auf dem dritten Platz hinter Lachs und Karpfen geführt werden, konnte bisher nicht mit synchronisierten Laichfischbeständen gearbeitet werden. Synchronisierte Laichfischbestände vermindern in der Intensivfischzucht den Arbeitsaufwand erheblich und schaffen ausserdem sowohl in der kommerziellen Produktion als auch in der Forschung die Möglichkeit, hohe Anzahl an Eiern und Brütlingen termingerecht zu erzeugen ohne einen grossen Brutfischbestand halten zu müssen.

In der vorliegenden Arbeit wurden natürliche Umweltfaktoren wie Wasserhärte, Salzgehalt, Temperatur und pH-Wert auf ihre Eignung als Synchronisationsinstrumente getestet. Zu diesem Zweck wurden Versuchsserien durchgeführt, die in einem Screening die grundsätzliche Eignung und Anhaltswerte zur Konzentration und Einwirkungsdauer der jeweiligen Umweltfaktoren erkennen lassen sollten.

Bei Versuchen mit variabler Wasserhärte konnte bei maximal 64,3 % der Tiere einer behandelten Laichfischgruppe innerhalb von sieben Tagen Ablaichbereitschaft erkannt werden, gleichzeitig war jedoch die erzielte Eiqualität nicht zufriedenstellend und die Wiederholbarkeit der Ergebnisse war nicht gegeben. Temperatur und pH-Wert stellten sich in weiteren Versuchen als nicht geeignet dar, Laichfischbestände zu synchronisieren.

In Untersuchungen zum Einfluss der Salinität wurden teilweise hohe Synchronisationsraten erzielt, jedoch war einerseits die Eiqualität nicht ausreichend, andererseits waren die Ergebnisse zunächst nicht reproduzierbar. Um soziale Störfaktoren auszuschalten, wurde das Haltungsmanagement geändert und die

Fische einzeln gehalten. Dies führte einerseits zu noch höheren Synchronisationsraten von bis zu 83,3 % und einer guten Reproduzierbarkeit der Ergebnisse. In Einzelhaltung konnte mit Hilfe von Salzregimen durchweg eine Synchronisationsrate von über 70 % innerhalb von 7 Tagen erzielt werden. Die Eiqualität konnte durch Verminderung der Applikationsdauer entschieden verbessert werden, lag jedoch noch erheblich unter den Werten der Kontrolltiere.

Die Untersuchungen wurden mit drei verschiedenen Herkünften durchgeführt. Eine Untersuchung mit isogenen Tieren sollte die Erwartung nach einer homogeneren Leistung solch genetisch identischer Tiere überprüfen. Im Durchschnitt lagen die Ergebnisse unter denen normaler, einzeln gehaltener Fischen. Nur im Fall eines Experiments wurden von diesen Fischen in Gruppenhaltung mit 88,9% Synchronisationsrate ein Ergebnis erzielt, das über dem der normalen, einzeln gehaltenen Tiere lag. Der Versuch wurde nicht wiederholt, so dass bezüglich einer uniformen Leistung noch keine Aussagen gemacht werden können.

6. Summary

Tilapia, which belong to four different genres of the family *Cichlidae*, are nowadays produced in more than 100 countries in a commercial scale after being anthropogenically transferred for the first time in the year 1939. Within the species of the genus *Oreochromis* which are ranging today on 3rd position of worldwide cultured fish (behind Salmon and Carp), it was not possible so far to work with synchronized broodstocks. Synchronized broodstocks in intensive fish production could reduce expenditure of manpower and holding facilities. The possibility of producing large amounts of eggs and fry at a given time could be a big advantage in science as well as in commercial production without being forced to hold big brooderstocks.

In this thesis, the environmental parameters water-hardness, water-salinity, water-temperature and water-acidity were screened with regard to their suitability to synchronise spawning.

In experiments with various degrees of water hardness, up to 64.3 % of all fish of a broodfish group showed readiness for spawning within 7 days. Egg quality, however, was not satisfying and the results could not be repeated. In further experiments temperature and acidity failed to synchronise broodstocks.

In experiments with various degrees of watersalinity high rates of synchronisation could be achieved, but egg quality was insufficient and the results could not be repeated first. To exclude social factors, the management of husbandry was changed from group to single-fish-keeping. This led to a readiness of spawning of up to 83.3 % of a treated broodstock-group within a period of a seven days after being transferred from salt- to freshwater. These results were repeatable. With the single-fish-management the rate of synchronisation never fell below 70 % within 7 days. The egg quality could be increased clearly by means of reducing the time of application, however, egg quality was still poorer than in the control groups.

The experiments were carried out with three different populations, including isogenes. Experiments with isogenes ought to give a hint, if genetically identical fish would give uniform results. In general, the average results of isogenic fish were in the same range as those of normal broodstock fish. Only one experiment achieved better results as those of normal single kept fish. However, as only one specific genotype was used in these experiments further genotypes have to be tested before a clear statement can be given.

7. Literaturverzeichnis

ADAMSON, D., WILLIAMS, F., 1980: Structural geology, tectonics and control of drainage in the Nile basin, In: WILLIAMS, M. A. J., FAURE, H., (eds): The Sahara and the Nile. Quaternary Environments and prehistoric occupation in Northern Africa. A. A Balkema Rotterdam, 225 – 252.

AI-AHMAD, T., RIDHA, M., AI-AHMED, A. A., 1988: Production and feed ration of the tilapia *Oreochromis spilurus* in seawater. *Aquaculture*, 73, 111 – 118.

AL-AMOUDI, M. M., 1987b: Acclimation of commercially cultured *Oreochromis*-species to seawater – an experimental study. *Aquaculture*, 65, 333 – 342.

ALKHOLY, A.A., ABDEL-MALEK, S.A., 1972: Food and Feeding Habits of Some Egyptian Fishes in Lake Quarun. Part I *Tilapia zilli*. A. According to Different Localities. *Bull. Inst. Oceanogr. Fish. Cairo* 2, 185 - 291.;

ALLANSON, B.R., BOK, A., van WYK, N.I., 1971: The Influences of Exposure to Low Temperature on *Tilapia mossambica* Peters (Cichlidae). II. Changes in Serum Osmolarity, Sodium and Chloride Concentrations. *J. Fish Biol.* 3: 181 – 185.

AUPERIN, B., LEGUEN, I., RENTIER-DELRUE, F., SMAL, J., PRUNET, P., 1995: Absence of ti GH effect on adaptability to brackish water in tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Gen. Comp. Endocrinol.* 97, 145 – 159.

BABIKER, M. M., IBRAHIM, H., 1979: Studies on the biology of reproduction in the cichlid fish *Tilapia nilotica* L. : gonadal maturation and fecundity. *J. Fish Biol.* 14, 437 – 448.

BAGGERMANN, B., 1980: Photoperiodic and endogenous control of the annual reproductive Cycle in teleost fish. In: ALI, M. A., (Ed.): Environmental physiology of fishes. Plenum, New York.

BAKER, J. R., 1938: The evolution of breeding seasons. In: de BEER, G. R., (Ed.): Evolution. Oxford Univ. Press, London, New York. 161 – 177.

BALARIN, J.D., HATTON, J.P., 1979: Tilapia. A Guide to Their Biology and Culture in Africa. Unit of Aquatic Pathobiology, University of Stirling, Scotland.;

BALARIN, J.D., HALLER, R. D., 1982: The intensive culture of Tilapia in tanks, Raceways and cages. In: Muir, J. F., Roberts, R. J. (eds.): Recent advances in aquaculture, 265 – 355.

BARRY, T. P., GRAU, E. G., 1986: Estradiol-17- β and Thyrotropin-Releasing Hormone Stimulate Prolactin Release from the Pituitary Gland of a Teleost Fish in Vitro. *Gen. Comp. Endocrinol.* 62, 306 - 314.

- BASHAMOHIDEEN, M., PARVATHEESSWARARAO, V., 1976: Adaptation to osmotic stress in the freshwater euryhalin teleost, *Tilapia mossambica*. Zool. Anz., Jena, 197 (1/2), 47 – 56.
- BEADLE, L.C., 1974: The Inland Waters of Tropical Africa. An Introduction to Tropical Limnology. Longman, London.;
- BILLARD, R., BRETON, B., 1978: Rhythms of Reproduction in teleost fish. In: Thorpe, J. E., (Ed.): Rhythmic activity of fishes. Academic Press, New York, 31 – 53.
- BOGOMOLNAYA, A., YARON, Z., HIGE, V., GRAESSLIN, D., LICHTENBERG, V., ABRAHAM, M., 1991: Isolation and radioimmunoassay of a steroidogenic gonadotropin of *Tilapia*. Bamidgah 41, 123 – 136.
- BONGA, S. E. W., VAN DER MEIJ, J. C. A., FLIK, G., 1984: Prolactin and Acid Stress in the Teleost *Oreochromis* (formerly *Sarotherodon*) *mossambicus*. Gen. Comp. Endocrinol. 55, 323 - 332.
- BOROWSKY, R. L., 1978: Social inhibition of maturation in natural populations of *Xiphophorus variatus* (Pisces: Poeciliidae). Science, 201, 933 – 935.
- BRÄMIK, U., PUCKHABER, B., LANGHOLZ, H. J., HÖRSTGEN-SCHWARK, G., 1995: Testing of triploid *Tilapia* (*Oreochromis niloticus*) under tropical pond conditions. Aquaculture 137, 343 – 353.
- BRETON, B., GOVORUN, M., LE GAC, F., GOMEZ, J. M., YUSNAINI, H., 1996: Relationships between GTH I and GTH II pituitary responsiveness to GnRH stimulation, and GTH I and GTH II blood plasma levels in different stages of the reproductive cycle in the female rainbow trout. In: Abstr., 3rd Int. Symp. Fish Endocrinol. Hakodate.
- BROWN, D. H., MARSHALL, J. A., 1978: Reproductive behavior in the rainbow cichlid *Heterotilapia multispinosa* (Pisces, Cichlidae). Behavior 67, 3 – 4.
- BRUTON, M.N., 1979: The breeding biology and early development of *Clarias garipinus* (Pisces: Clariidae) in Lake Sibaya, South Africa, with a review of breeding in species of the subgenus *Clarias*. Trans. Zool. Soc. London, 35, 1 – 45.
- BRUTON, M.N., BOLLT, R.E., 1975: Aspects of the Biology of *Tilapia mossambica* Peters (Pisces: Cichlidae) in a Natural Fresh Water Lake (Lake Sibaya, South Africa). J. Fish Biol. 7, 423 - 446.;
- CALHOUN, W. E., SHELTON, W. L., 1983: Sex ratio in progeny from mass spawnings of sex-reversed broodstock of *Tilapia nilotica*. Aquaculture 33, 365 – 371.
- CAULTON, M. S., 1975: The Ability of the Cichlid Fishes *Tilapia rendalli* (Boulenger), *Tilapia sparrmanii* (A. Smith) and *Hemihaplochromis* (= *Pseudocrenilabrus*) *philander* (M. Weber) to Enter Deep Water. J. Fish Biol. 7: 513 - 517.;

CAULTON, M.S., HILL, B.J., 1973: The Ability of *Tilapia mosambica* to Enter Deep Water. J. Fish Biol. 5: 783 - 788.;

CANAGARATNAM, P., 1960: Growth of *Tilapia mossambica* in different salinities. Bull. Fish. Res. Station, Ceylon. 19: 1 – 2.

CHERVINSKY, J., 1961a: Laboratory experiments on the growth of *Tilapia nilotica* in various saline concentrations. Bamidgeh, 13: 8 – 14.

CHERVINSKY, J., 1961b: Study on the growth of *Tilapia galilaea* in various saline concentrations. Bamidgeh, 13: 71 – 74.

CHERVINSKY, J., LAHAV, M., 1976: The Effect of exposure to Low Temperature on Fingerlings of Local Tilapia (*Tilapia aurea*) (Steindachner) and Imported Tilapia (*Tilapia vulkani*) (Trewawas) and *Tilapia nilotica* (Linné) in Israel. Bamidgeh 28: 25 - 29.;

CHERVINSKY, J., 1982: Environmental physiology of Tilapias. In: Pulin, R.S.V., Lowe-McConnell, R. H. (Eds.): The biology and culture of tilapias. ICLARM Conf. Proc. 7, 119 – 128.

CLEMENS, H. P., INSLEE, T., 1968: The production of unisexual broods *Tilapia mossambica*, sex reversed with methyltestosterone. Trans. Am. Fish. Soc., 97(1), 18 – 21.

COAD, B. W., 1982: A new genus and species of cichlid endemic to southern Iran. Copeia 1982, 28 – 37.

COE, M. J., 1966: The Biology of *Tilapia grahami* Boulenger in Lake Magadi, Kenya. Acta Trop. 23: 146 - 177.;

COE, M.J., 1967: Local Migration of *Tilapia grahami* Boulenger in Lake Magadi, Kenya in Response to Diurnal Temperature Changes in Shallow Water. East Afr. Wildl. J. 5: 171 - 174.;

CRIDLAND, C. C. , 1962: Laboratory experiments on the growth of *Tilapia spec.* The effect of light and temperature on growth of *Tilapia zilli* in aquaria. Hydrobiologica 20, 155 – 166.

DIXON, J.E.W.W., BLOM, M.J., 1974: Some Aquatic Vertebrates from the Namib Desert, S.W.-Africa. Madoca, ser. 2 Sci. Pap. Namib Desert Res. Sfn. 3: 69 - 73.;

EL ZARKA, S., SHAHEEN, A.H., ALEEM, A.A., 1970: Tilapia Fishery in Lake Mariut: Age and Growth of *Tilapia nilotica*. Bull. Inst. Oceanogr. Fish. Cairo 1, 149 – 182.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1999: Aquaculture Production Statistics 1988 – 1997.

FEBRY, R., LUTZ, P., 1987: Energy partitioning in fish: the activity-related cost of osmoregulation in euryhaline cichlid. *J. Exp. Biol.*, 128: 63 – 85.

FINEMAN-KALIO, A. S., 1988: Preliminary observations on the effect of salinity on the reproduction and growth of freshwater Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.), cultured in brackish-water ponds. *Aquacult. Fish. Manage.*, 19, 313 – 320.

FITZSIMMONS, K., 2000: Tilapia: The most important Aquaculture species of the 21st Century. In: Proceedings from the fifth international Symposium on tilapia in aquaculture: Tilapia Aquaculture in the 21st Century. Rio de Janeiro, Brasil, 3 – 7 September 2000, pp 3 – 8.

FREUND, F., 1995: Testosteron- und Östradiolverläufe in Zusammenhang mit der Laichsaisonalität Afrikanischer Welse (*Heterobranchus longifilis*) und der Gonadenreifung triploidisierter Tilapien (*Oreochromis niloticus*). Dissertation, Universität Göttingen, 131 pp.

Fryer, G., 1961: Observations on the Biology of the Cichlid Fish *Tilapia variabilis* in the Northern Waters of the Lake Victoria (East Africa). *Rev. Zool. Bot. Afr.* 64: 1 - 33;

Fryer, G., Iles, T.D., 1972: The cichlid Fishes of the Great Lakes of Africa: Their Biology and Evolution. T.H.F. Publ. Neptune City, New Jersey;

FUKUSHO, K., 1968: The Specific Difference of Temperature Response Among Cichlid Fishes Genus Tilapia. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 34(2): 103 - 111.;

GEORGE, T.T., 1976: Introduction and transplantation of cultivable species into Africa. *FAO/CIFA Tech. Pap.* 4, Suppl. 1, 407 – 432.

GONGZHAO, X., 1985: Fish Mariculture Studies in China. *ICLARM Newsletter*, Okt. 1985, 5 – 6.

GONZALEZ-CORRE, K., 1988: Polyculture of the tiger shrimp (*Penaeus monodon*) with Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in brackishwater fishponds. In: Pullin, R. S. V., Bhukaswan, T., Tonguthai, K., Maclean, J.L. (eds.): The second international symposium on Tilapia in aquaculture. *ICLARM conference proceedings* 15, 15 – 20.

GOPHEN, M., 1980: Food Sources, Feeding Behaviour and Growth Rates of *Sarotherodon galilaeum* (L.) Fingerlings. *Aquaculture* 20, 101 - 115.;

GRAU, E. G., SHIMODA, S. K., FORD, C-A., HELMS, L. M. H., COOKE, I. M., PANG, P. K. T., 1986: The Role of Calcium in Prolactin Release from the Pituitary of a Teleost Fish in Vitro. *Endocrinol.* 119(6), 2848 - 2855.

GREENWOOD, P.H., 1966: The Fishes of Uganda. 2nd ed. Kampala.;

- GRIER, H. J., ABRAHAM, M., 1983: A model for testicular recrudescence in *Oreochromis aureus*. In: Fishelson, L., Yaron, Z. (Eds.): Proc. Intern. Symp. Tilapia Aquacult., Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel, 200 – 208.
- Gwahaba, J.J., 1973: Effects on Fishing on the *Tilapia nilotica* Population in Lake George, Uganda over the past 20 Years. E. Afr. Wildl. J. 11, 317 - 328.;
- Gwahaba, J.J., 1978: The Biology of Cichlid Fishes (Teleostei) in an Equatorial Lake (Lake George, Uganda). Arch. Hydrobiol. 83: 538 - 551.;
- HABIBI, H. R., PETER, R. E., 1991: Gonadotropin releasing hormon receptors in teleosts. In: Scott, A. P., Sumpter, J. P., Kime, D. E., Rolfe, M. S. (Eds.): Proc. 4th Int. Symp. Reprod. Physiol. Fish, Fish Symp. 91, Sheffield, 109 – 115.
- HABIBI, H. R., DE LEEUW, R., NAHORNIAK, C. S., GOOS, H. J. Th., PETER, R. E., 1989: Pituitary gonadotropin releasing hormon receptor activity in goldfish and catfish: seasonal and gonadal effects. Fish Physiol. Biochem. 7, 109 – 121.
- HABITZKY-BIESTER, H, 1987: Vergleichende Untersuchungen zu Erbrütungs- und Aufzuchtmethoden bei Afrikanischen Buntbarschen (*Oreochromis niloticus*). Dissertation Universität Göttingen, 134 pp.
- HAZON, N., BALMENT, R. J., 1998: Endocrinology. In: David H. Evans (Ed.): Physiology of Fishes, CRC-Press, 465 - 490.
- HICKLING, C. F., 1960: The Malacka Tilapia hybrids. Journ. Genet., 57 (1), 1 – 10.
- HIRANO, T., 1986: The Spectrum of Prolactin Actions in Teleosts. In: Ralph, C. L., (Ed.): Comparative Endocrinology; Developments and Directives. Alan R. Liss, New York, 1986. 53 - 74.
- HOPKINS, K., RIDHA, M., LECLERCQ, D., AL-AMEERI, A. A., AL AHMAD, T., 1989: Screening tilapias for sea water culture in Kuwait. Aquacult. Fish. Manage., 20, 389 - 397.
- HUNTER, G. A., DONALDSON, E. M., 1983: Hormonal sex control and its application to fish culture. In: Hoar, W. S., Randall, D. J., Donaldson, E. M., (eds.): Fish Physiology, Academic Press, N. Y., 203 – 303.
- HYDER, M., 1969: Gonadal development and reproductive activity of the cichlid fish *Tilapia leucosticta* (Trewavas) in an equatorial lake. Nature, 224, 1112.
- HYDER, M., 1970: Gonadal reproductive patterns in *Tilapia leucosticta* (Teleostei: Cichlidae) in an equatorial lake: Lake Naivvasha (Kenya). J. Zool., 162, 179 – 195.
- HYDER, M., 1972: Endocrine regulation of reproduction in Tilapia. Gen. Comp. Endocrinol. Suppl. 3, 729 – 740.

JALABERT, B., ZOHAR, Y., 1982: Reproductive physiology in cichlid fishes, with particular reference to *Tilapia* and *Sarotherodon*. In: Pulin, R.S.V., Lowe-McConnell, R. H. (Eds.): The biology and culture of tilapias. ICLARM Conf. Proc. 7, 129 – 140.

JAUNCEY, K., 1998: *Tilapia feeds and feeding*. Pisces Press Ltd. Stirling, Scotland. pp 241.

JAUNCEY, K., 2000: Nutritional requirements. In: Beveridge, M. C. M., McAndrew, B. J. (eds.): *Tilapias: Biology and Exploitation*. Kluwer Academic Publishers; Fish and Fisheries Series 25, 327 – 375.

KADER, A., ZAFAR, D., BHUIYAN, A. L., 1981: Survival of young *T. mossambica* at different salinities. *Indian J. Fish.*, 28: 269 – 272.

KAH, O., ANGLADE, I., LEPRETRE, E., DUBOURG, P., MONBRISON, D., 1993: The reproductive brain in fish. *Fish Physiol. Biochem.*, 11, 85 – 89.

KHAN, I. A., THOMAS, P., 1992: Stimulatory effects of serotonin on maturational gonadotropin release in the Atlantic Croaker *Micropogonias undulatus*. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 88, 388 – 397.

KING, J. A., MILLAR, R.P., 1992: Evolution of gonadotropin-releasing hormones. *Trends Endocrinol. Metabol.* 3, 339 – 353.

KIRK, R. G., 1972: A review of the recent developments in tilapia culture with special reference to fish farming in the heated effluents of power stations. *Aquaculture* 1, 45 – 60.

KYLE, A. L., STACEY, N. E., Peter, R. E., 1982: Sexuell stimuli associated with increased gonadotropin and milt levels in goldfish. *Abstr. Pap. Posters, Int. Symp. Reprod. Physiol. Fish*, p. 38.

LAKE, J. S., 1967: Rearing experiments with five species of australien fishes. I: Inducement of spawning. *Aust. J. Mar. Freshwater res.*, 18, 137 – 153.

LAM, T. J., 1983: Environmental influences on gonadal activity. In: HOAR, W. S., RANDALL, D. J., DONALDSON, E. M., (Eds.): *Fish Physiology*, Vol Ixb, Academic Press, New York.

LAZARD, J., 1980: Le développement de la pisciculture intensive en Côte d'Ivoire. Exemple de la ferme piscicole pilote de Natio-Kobadara (Korhogo). *Notes et Documents sur la Pêche et la Pisciculture. Bois et Forêts des Tropiques* 190, 45 – 66. (Mit englischem Abstract).

LAZARD, J., MORRISSENS, P., PARREL, P., 1988: Artisanal Aquaculture of *Tilapia* in West Africa: Comparative analysis of different culture systems and their level of development. In: Pullin, R. S. V., Bhukaswan, T., Tonguthai, K., Maclean, J.L. (eds.):

The second international symposium on Tilapia in aquaculture. ICLARM conference proceedings 15, 41 – 52.

LELEK, A., 1968: The Vertical Distribution of Fishes in the Ebo Tream and Notes to the Fish Occurrence in the Lake Bosumptwi, Ashanti, Ghana. Zool. Listy 17: 245 - 252.;

LEVEQUE, C., Paugy, D, Teugels, G.G. (Eds.), 1990: Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Tome 2. 742 - 776. ORSTOM / MRAC Editions.

LEVAVI-SIVAN, B., OFIR, M., YARON, Z., 1995: Possible sites of dopaminergic inhibition of gonadotropin release from the pituitary of a teleost fish, Tilapia , Mol. Cell. Endocrinol., 109, 87 – 96.

LIAO, I. C., CHANG, S. L., 1983: Sudies on the feasibility of red tilapia culture in saline water. In: FISHELSON, C., YARON, Z., (Comp.): Proceedings of the International Symposium on Tilapia in Aquaculture, My 1983, Tel Aviv University, Israel, pp. 524 – 533.

LIGHTNER, D., REDMAN, R., MOHNEY, L., DICKENSON, G., FITZSIMONS, K., 1988: Major diseases encountered in controlled environment culture of tilapias in fresh- and brackishwater over a three year period in Arizona. In: PULLIN R.S.V., BHUKASWAN, T., TONGUTHAI, K., MACLEAN, J.L. (Eds.), 1988: The Second International Symposium on Tilapia Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 15, 111 – 117.

LILEY, N. R., STACEY, N. E., 1983: Hormones, pheromones and reproductive behavior in fish. In : Hoar, W. S., Randall, D. J., Donaldson, E. M. (Eds.): Fish Physiology Vol. IX,B. Academic Press, New York, London.

LOTAN, R., 1960: Adaptability of *Tilapia nilotica* to various saline conditions. Bamidgeh, 12, 96 – 100.

LOWE-McCONNEL, R. H., 1958: Observation of the biology of *Tilapia nilotica* L. in East African waters. Rev. Zool. Bot. Afr. 57, 129 – 170.

LOWE-McCONNEL, R.H., 1959: Breeding Behavior Patterns and Ecological Differences Between Tilapia Species and Their Significance for Evolution Within the Genus Tilapia (Pisces: Cichlidae). Proc. Zool. Soc. London 132: 1 - 30.;

LOWE-McCONNEL, R.H., 1975: Fish communities in tropical freshwaters: their distribution, ecology and evolution. Longmans, Green, New York.

LOWE-McCONNEL, R.H., 2000: The role of tilapias in ecosystems. In: Beveridge, M. C. M., McAndrew, B. J. (eds.): Tilapias: Biology and Exploitation. Kluwer Academic Publishers; Fish and Fisheries Series 25.

- MAGID, A., BABIKER, M.M., 1975: Oxygen Consumption and Respiratory Behaviour of Three Nile Fishes. *Hydrobiologia* 46: 359 - 367.;
- MANCERA, J. M., McCORMIC, S. D., 1998: Osmoregulatory Actions of the GH/IGF Axis in non-Salmonid Teleosts. *Comp. Biochem. Physiol. B*, 121, 43 - 48.
- MANZANO, V. B., 1990: Polyculture systems using groupers (*Epinephelus tauvina*) and tilapis (*O. mossambicus*) in brackishwater ponds. In: HIRANO, R., HANJY, I. (Eds.), The Second Asian Fisheries Forum. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines, 213 – 216.
- MARSHALL, J. A., 1972: Influence of male sound production on Oviposition in female *Tilapia mossambica* (Pisces: Cichlidae). *Bull. Ecol. Soc. Am.*, 53, 29.
- McANDREW, B. J., 1993: Sex control in tilapiines. In: Muir, J. F., Roberts, R. J. (eds.): Recent advances in aquaculture IV. Blackwell Scientific publications, Oxford, U. K., 87 – 98.
- McANDREW, B. J., 2000: Evolution, phylogenetic relationships and biogeography. In: Beveridge, M. C. M., McAndrew, B. J. (eds.): Tilapias: Biology and Exploitation. Kluwer Academic Publishers; Fish and Fisheries Series 25, 1 – 32.
- McINNEREY, J. E., EVEANS, D. O., 1970: Action spectrum of the photoperiod Mechanism controlling sexual maturation in the Threespine Stickleback, *Gasterosteus aculeatus*. *J. Fish Res. Board Can.* 27, 747 – 763.
- MELARD, Ch., PHILIPPART, J.C., 1980: Intensive culture of *Sarotherodon niloticus* in Belgium. FAO/EIFAC Symposium on the new development in the utilization of heated effluents and of recirculation systems for intensive aquaculture, May 28 - 30, 1980 Stavanger, Norway, EIFAC/80/Symp/Doc.E/11. 28 p.;
- MERIWETHER, F., H., SCURA, E. D., OKAMURA, W. Y., 1984: Cage culture of red tilapia in prawn and shrimp ponds. *J. World Maricult. Soc.*, 15, 254 – 265.
- MILLER, J. W., BALLANTINE, D. L., 1974: Opercular algal growth on the cichlid fish *Tilapia aurea* cultured in seawater. *Aquaculture*, 4, 93 – 95.
- MORGAN, P.R., 1972: Causes of Mortality in the Endemic Tilapia of Lake Chilwa (Malawi). *Hydrobiologia* 40(1): 101 - 119.;
- MORIARTY, C.M., MORIARTY, D.J.W., 1973: Quantitative Estimation of the Daily Ingestion of Phytoplankton by *Tilapia nilotica* and *Haplochromis nigripinnis* in Lake George, Uganda. *J. Zool.* 171, 15 - 24.;
- MORIARTY, D.J.W., 1973: The Physiology of Digestion of Blue-Green Algae in the Cichlid Fish *Tilapia nilotica*. *J. Zool.* 171, 25 - 40.;

- MSISKA, O. V., COSTA-PIERCE, 1979: Factors influencing the spawning success of *Oreochromis karongae* (Trewavas) in ponds. *Aquacult. Res.*, 28, 87 – 99.
- MÜLLER-BELECKE, A., 1997: Entwicklung homozygoter Zuchtlinien bei Tilapien (*Oreochromis niloticus*). Dissertation, Universität Göttingen, 135 pp.
- MUIR, J. F., VAN RIJN, J., HARGREAVES, J., 2000: Production in intensive and recycle systems. In: BEVERIDGE, M. C. M., Mc ANDREW, B. J. (eds): *Tilapias: Biology and exploitation*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London. 405 – 446.
- MURRAY, R. L., MITSUI, A., 1982: Growth of hybrid tilapia fry fed nitrogen fixing blue-green algae in sea water. *J. World Maricult. Soc.*, 13, 198 – 209.
- NAGAHAMA, Y., Nishioka, R. S., Bern, H. A., Gunther, R. L., 1975: Control of Prolactin Release in Teleosts, with Spezial Reference to *Gillichthys mirabilis* and *Tilapia mossambica*. *Gen. Comp. Endocrinol.* 25, 166 - 188.
- NAGAHAMA, Y., 1983: The functual morphology of teleost gonads. In: Hoar, W. S., Randall, D. E., Donaldson, E. M. (Eds.): *Fish Physiology*, Vol IX A, Academic Press, New York.
- NAGAHAMA, Y., YOSHIKUNI, M., YAMASHITA, M., SAKAI, N., TANAKA, M., 1993: Molecular endocrinology of oocyte growth and maturation in fish. *Fish Physiol. Biochem.* 11, 3 – 14.
- NAGAHAMA, Y., YOSHIKUNI, M., YAMASHITA, M., TANAKA, M., 1994: Regulation of oocyte maturation in fish. In: Hoar, W. S., Randall, D. E., Donaldson, E. M. (Eds.): *Fish Physiology*, Vol XIII. Academic Press, New York, London, 393 – 439.
- OLDORF, W., KRONERT, U., BALARIN, J., HALLER, R., HÖRSTGEN-SCHWARK, G., LANGHOLZ, H. J., 1989: Prospects for selecting on late maturity in Tilapia (*Oreochromis niloticus*). 1. Strain comparisons under laboratory and field conditions. *Aquaculture* 77, 123 – 133.
- PETER, R. E., TRUDEAU, V. L., SLOLEY, B. D., 1991a: Brain regulation of reproduction in teleosts. *Bull. Inst. Zool. Acad. Sin.* 16, 89 – 96.
- PETER, R. E., TRUDEAU, V. L., SLOLEY, B. D., PENG, C., NAHORNIAK, C. S. , 1991b: Actions of catecholamins, peptides and sex steroids in regulation of gonadotropin-II in the goldfish. In: Scott, A. P., Sumpter, J. P., Kime, D. E., Rolfe, M. S. (Eds.): *Proc. 4th Int. Symp. Reprod. Physiol. Fish, Fish Symp.* 91, Sheffield, 30 – 39.
- PETERS, H.M., 1959: Über die Beziehung zwischen Eizahl und Eigewicht bei Fischen. *Z. Naturf.* 14 b, 584 - 592.;

- PETERS, H.M., 1965: Eizahl, Eigewicht und Gelegetwicklung in der Gattung Tilapia (Cichlidae, Teleostei). Int. Rev. Gesamt. Hydrobiol.48, 547 - 576.;
- PETERS, H. M., 1983: Fecundity, egg wait and oocyte development in Tilapias (Cichlidae, Teleostei). ICLARM Publ., Manila, 1 –28.
- PETERS, H.M., BRESTOWSKY, M., 1961: Artbastarde in der Gattung Tilapia (Cichlidae, Teleostei) und ihr Verhalten. Experientia 17, 261 - 263.;
- PELLEGRIN, J., 1971: Les poisons des eaux douces de l'Afrique du Nord Francaise. Mém. Soc. Sci. Nat. Phys. Maroc 1 (2): 1 - 216.;
- PHILIPPART, J. Cl., RUWET, J. Cl., 1982: Ecology and distribution of Tilapias In: Pulin, R.S.V., Lowe-McConnel, R. H. (Eds.): The biology and culture of tilapias. ICLARM Conf. Proc. 7, 129 – 140.
- Polder, J. J. W., 1971: On gonads and reproductive behavior in the cichlid fish *Aequidens portalgreensis* (Hensel). Neth. J. Zool. 21, 265 – 365.
- POON, K. H., 1980: Some ecological factors governing growth and maturation of the tropical freshwater fish *Sarotherodon mossambicus* (Peters): Effects of photoperiod and stocking conditions. M. Sc. Thesis, Dept. Zool., National University of Singapore.
- PRAT, F., SUMPTER, J. P., TYLER, C. R., 1996: Validation of radioimmunoassays for two salmon gonadotropins (GTH I and GTH II) and their plasma concentrations throughout the reproductive cycle in male and female rainbow trout (*Oncorhynchus myciss*), Biol. Reprod. 54, 1375 – 1389.
- PRUNET, P., BORNANCIN, M., 1989: Physiology of salinity tolerance in tilapia: an update of basic and applied aspects. Aquat. Living Resour., 2: 91 – 97.
- PUCKHABER, B., 1992: Untersuchungen zur Produktivitätssteigerung bei Afrikanischen Buntbarschen. Dissertation, Universität Göttingen, 144 pp.
- PULLIN R.S.V., BHUKASWAN, T., TONGUTHAI, K., MACLEAN, J.L. (Eds.), 1988: The Second International Symposium on Tilapia Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 15.
- PULLIN, R.S.V., LOWE-McCONNEL, R. H. (Eds.), 1982: The biology and culture of tilapias. ICLARM Conf. Proc. 7
- REDNER, B.D., STICKNEY, R.R., 1979: Acclimation to Ammonia by *Tilapia aurea*. Trans. Amer. Fish. Soc. 108, 383 - 388.;
- RUBIN, D. A., SPECKER, J. L., 1992: In Vitro Effects of Homologous Prolactins on Testosterone Production by Testes of Tilapia (*Oreochromis mossambicus*). Gen. Comp. Endocrinol. 87, 189 - 196.

SCHWANCK, E., 1987: Lunar periodicity in the spawning of *Tilapia mariae* in the Ethiop River, Nigeria. J. Fish biol. 30, 533 – 537.

SCHWASSMANN, H. O., 1976: Times of annual spawning and reproductive strategies in amazonian fishes. In: THORPE, J. E. (Ed.): Rhythmic activity of fishes. Academic Press, New York, 187 – 200.

SHIRASHI, Y., 1965: The influence of photoperiodicity on the maturation of Ayu-Fish, *Plecoglossus altivelis*. III. The limit of the intensity of light. Bull. Freshwater Fish Res. Lab. 15, 69 – 76.

ROTHBARD, S., PRUGININ, Y., 1975: Induced spawning and artificial incubation of Tilapia. Aquaculture 5 (4), 315 – 321.

ROTHBART, S., OVRIR, M., LEVAVI-SIVAN, B., YARON, Z., 1991: Hormonal profile associated with breeding behaviour in *Oreochromis niloticus*. In: Scott, A. P., et al., (Eds.): Proc. IV.Symp. Reprod. Physiology Fish, Fish Symp. 91, Sheffield. 206 – 218.

SCOTT, D. B. C., 1979: Environmental timing and the control of reproduction in teleost fish. Symp. Zool. Soc. London, 44, 105 – 132.

SEHGAL, A., SUNDARARAY, B. J., 1970: Effect of various photoperiodic regimes on the ovary of the catfish *Heteropneustes fossilis* (Bloch) during the spawning and postspawning periods. Biol. Reprod., 2, 425 – 434.

SHEPHERD, B.S., SAKAMOTO, T., HYODO, S., NISHIOKA, R. S., BALL, C., BERN, H. A., GRAU, E. G., 1999: Is the Primitive Regulation of Pituitary Prolactin (tPRL₁₇₇ and tPRL₁₈₈) secretion and Gene Expression in the Euryhaline Tilapia *Oreochromis mossambicus* Hypothalamic or Environmental? J. Endocrinol. 161, 121 - 129.

SILVERMAN, H. I., 1978: The effects of visual social stimulation upon age at first spawning in the mouth-brooding cichlid fish *Sarotherodon (Tilapia) mossambicus* (Peters). Anim. Behav. 26, 1120 – 1125.

SINGH, H., GRIFFITH, R. W., TAKAHASHI, A., KAWAUCHI, H., THOMAS, P., STEGEMAN, J.-J., 1988: Regulation of gonadal steroidogenesis in *Fundulus heteroclitus* by recombinant salmon growth hormone and purified salmon prolactin. Gen. Comp. Endocrinol. 72, 144 – 156.

SINHA, V. R. P., JHIGRAN, V. G., GANAPATI, S. V., 1974: A view on spawning of the indian major carps. Arch. Hydrobiol., 73, 518 – 536.

SOWER, S.A., 1995: Evolution of GnRH in fish of ancient origins. In: Goetz, F., Thomas, P. (Eds.): 5th Int. Symp. Reprod. Physiol. Fish. Fish Symp. 95, Austin, 209 – 216.

SPARATU, P., 1976: The feeding habits of *Tilapia galilea* (Gervais) (Cichlidae) in Lake Kinneret (Israel). *Aquaculture* 14, 327 – 338.

SPARATU, P., 1978: Food and Feeding Habits of *Tilapia zilli* (Gervais), (Cichlidae) in Lake Kinneret (Israel). *Aquaculture* 14, 327 - 338.;

SPARATU, P., ZORN, M., 1978: Food and Feeding Habits of *Tilapia aurea* (Steindachner), (Cichlidae) in Lake Kinneret (Israel). *Aquaculture* 13, 67 - 79.;

SRISAKULTIEW, P., WEE, . L., 1988: Synchronous spawning of Nile Tilapia through hypophysation and temperature manipulation. In: Pullin, R. S. V., Bhukaswan, T., Tonguthai, K., Maclean, J. L., (eds.): The second international symposium on tilapia in aquaculture, ICLARM Conference Proceedings 15, Bangkok, Thailand, 275 – 284.

STACEY, N. E., COOK, A. F., PETER, R. E., 1979: Spontaneous and gonadotropin-induced ovulation in the goldfish *Carassius auratus* L.: Effect of external factors. *J. Fish Biol.*, 15, 349 – 361.

STEINITZ, H., 1954: The distribution and evolution of the fresh water fishes of Palestine. *Istanbul Univ. Fen. Fak. Mecem. Hidrobiol. B.* 1 (4): 225.

SUNDARARAY, B. J., VASAL, S., 1976: Photoperiod and temperature control in the regulation of reproduction in the female catfish *Heteropneustes fossilis*. *J. Fish Res. Board Can.*, 33, 959 – 973.

SURESCH, A. V. , LIN, C. K., 1992: Tilapia culture in saline waters: a review. *Aquaculture*, 106: 201 – 226.

SUZUKI, K., NAGAHAMA, Y., KAWAUCHI, H., 1988: Steoidogenic activity of two distinct gonadotropins. *Gen. Comp. Endocrinol.* 71, 452- 458.

TACON, P., BAROILLER, J. F., LE BAIL, P. Y., PRUNET, JALABERT, B., 2000: Effect of egg deprivation on sex steroids gonadotropin, prolactin and growth hormone profiles during the reproductive cycle of the mouthbrooding cichlid fish *Oreochromis niloticus*. *Gen. Comp. Endocrinol.* 117, 54 – 65.

TAL, S., ZIV, I., 1978: Cultivation of exotic (fish) species in Israel. *Bamidgeh* 30 (1).

TALBOT, M. R., 1980: Environmental responses to climatic changes in the West African Sahel over the past 20,000 years. In: WILLIAMS, M. A. J., FAURE, H., (eds): The Sahara and the Nile. Quaternary Environments and prehistoric occupation in Northern Africa. A. A Balkema Rotterdam, 37 – 62.

TAYLOR, M. H., 1984: Lunar synchronisation of fish reproduction. *Trans Am. Fish Soc.* 113, 484 – 493.

- TAYLOR, M. H., DiMICHELE, L., 1980: Ovarian changes during the lunar spawning cycle of *Fundulus heteroclitus*. *Copeia* 1, 118 – 125.
- TERKATIN-SHIMONY, A., ILAN, Z., YARON, Z., JOHNSON, F. W., 1980: Relationship between temperature, ovarian recrescence, and plasma cortisol level in *Tilapia aurea* (Cichlidae, Teleostei). *Gen. Comp. Endocrinol.*, 40, 143 – 148.
- TREAWAS, E., 1982: Tilapias: Taxonomy and Speciation. In: Pullin R.S.V., Lowe-McConnel, R.H. (Eds.): *The Biology and Culture of Tilapias*. ICLARM Conf. Proc. 7;
- TREAWAS, E., 1983: Tilapiine fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*. *British Museum (Natural History)*. Comstock Publishing Associates.
- TRUDEAU, V., PETER, R. E., 1995: Functional interactions between neuroendocrine systems regulating GTH-II release. In: Goetz, F., Thomas, P. (Eds.): 5th Int. Symp. *Reprod. Physiol. Fish. Fish Symp.* 95, Austin, 44 – 52.
- TURNER, G. F., ROBINSON, R. L., 1991: Ecology, morphology and taxonomy of Lake Malawi *Oreochromis* (Nyasalapia) species flock. *Annales du Musée Royal de l'Afrique Central (Sérvie in 8vo. Sciences Zoologiques)* 262, 23 – 28.
- TURNER, G. F., ROBINSON, R. L., 2000: Reproductive biology, mating systems and parental care. In: Beveridge, M. C. M., McAndrew, B. J. (eds.): *Tilapias: Biology and Exploitation*. Kluwer Academic Publishers; *Fish and Fisheries Series* 25, 33 – 58.
- VAN DER KRAAK, G., CHANG, J. P., JANZ, D. M., 1998: Reproduction. In: Evans, D. H. (Ed.): *The physiology of fishes*. CRC Press Boca Raton, New York. pp 519.
- VAN DER KRAAK, G., ROSENBLUM, P., PETER, R. E., 1990: Growth hormone dependent potentiation of gonadotropin stimulated steroid production by ovarian follicles of the gold fish. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 79, 233 – 239.
- VAN DER LINGEN, M. I., 1959: Some preliminary remarks on stocking rate and production of tilapia species at the Fisheries Research Centre. In: *Proc. 1st Fisheries Day in Southern Rhodesia, August 1957*. Government Printer, Salisbury, 54 – 62.
- VILLEGAS, C. T., 1990: Salinity tolerance of *Oreochromis mossambicus*, *O. niloticus* and their F₁ hybrids. *SEAFDEC Asian Aquaculture*, 13 (3):6 – 8.
- VINE, P. J., 1980: Cultivation of fishes in the family Cichlidae in the Red Sea. In: *Proc. Symp. On the Coastal and Marine Environment of the Red Sea, Gulf of Aden and Tropical Western Indian Ocean, Vol. 2. The Red Sea and Gulf of Aden Environmental Programme*, Jeddah, 389 – 399.
- VIOLA, S., ARIELI, Y., ZOHAR, G., 1988: Animal-protein-free feeds for hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) in intensive culture. *Aquaculture*, 75, 115 – 125.

WALLACE, R. A., SELMAN, K., 1982: Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. *Amer. Zool.* 21, 325 – 343.

WATANABE, W. O., 1985: Experimental approaches to the saltwater culture of tilapias. *ICLARM Newsletter*, Jan. 1985, 3 – 5.

WATANABE, W. O., KUO, C. M., 1985: Observations on the reproductive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in laboratory aquaria at various salinities. *Aquaculture*, 49, 315 – 323.

WATANABE, W. O., KUO, C. M., HUANG, M. C., 1985a: The ontogeny of salinity tolerance in the tilapias *Oreochromis aureus*, *O. niloticus* and an *O. mossambicus* X *O. niloticus* hybrid, spawned and reared in freshwater. *Aquaculture*, 47, 353 – 267.

WATANABE, W. O., KUO, C. M., HUANG, M. C., 1985b: Salinity tolerance of Nile tilapia fry (*O. niloticus*) spawned and hatched at various salinities. *Aquaculture*, 48, 159 – 176.

WATANABE, W. O., ELLINGSON, L. J., WICKLUND, R. I., OLLA, B. L., 1988a: The effects of salinity on growth, food consumption and conversion in juvenile, monosex male Florida red tilapia. In: Pullin, R. S. V., Bhukaswan, T., Tonguthai, K., Maclean, J.L. (eds.): The second international symposium on Tilapia in aquaculture. *ICLARM conference proceedings* 15, 515 – 523.

WATANABE, W. O., FRENCH, K. E., ELLINGSON, L. J., WICKLUND, R. I., OLLA, B. L., 1988b: Further investigations on the effects of salinity on growth in Florida red tilapia: evidence for the influence of behavior. In: Pullin, R. S. V., Bhukaswan, T., Tonguthai, K., Maclean, J.L. (eds.): The second international symposium on Tilapia in aquaculture. *ICLARM conference proceedings* 15, 525 – 530.

WATANABE, W. O., BURNETT, K. M., D. H., OLLA, B. L., WICKLUND, R. I., 1989a: The effect of salinity on reproductive performance of Florida red tilapia. *J. World Aquacult. Soc.*, 20, 223 – 229.

WATANABE, W. O., FRENCH, K. E., ERNST, D. H., OLLA, B. L., WICKLUND, R. I., 1989b: Salinity during early development influences growth and survival of Florida red tilapia in brackish and seawater. *J. World Aquacult. Soc.*, 20, 134 – 142.

Welcome, R.L., 1967: Observations on the Biology of the Introduced Species of Tilapia in Lake Victoria, *Rev. Zool. Bot. Afr.* 76: 249 - 279.;

WHITFIELD, A.K., Blaber, S.J.M., 1979: The Distribution of the Freshwater Cichlid *Sarotherodon mosambicus* in Estuarine Systems. *Environm. Biol. Fishes* 4(1): 77 - 81.;

WHYTE, S.A., 1975: Distribution, Tropic Relationships and Breeding Habits of the Fish Populations in a Tropical Lake Basin (Lake Bosumtwi, Ghana). *J. Zool.* 177, 25 - 56.;

WONG, A. O. L.: Dopamine D1 regulation of growth hormone release in the goldfish. Ph.D. thesis, University of Alberta, 1993.

YADA, T., HIRANO, T., GRAU, E. G., 1993: Changes in plasma levels of the two prolactins and growth hormone during adaptation to different salinities in the euryhaline tilapia *Oreochromis mossambicus*. Gen. Comp. Endocrinol. 93, 214 – 223.

YAMAMOTO, N., PARHAR, I. S., SAKUMA, Y., ITO, H., 1998: Gonadotropin-releasing hormone (GnRH) innervation of the pituitary in a cichlid fish, *Oreochromis niloticus*: a brain lesion study. Kaibogaku-Zasshi (= Acta Anatomica Nipponica), 73(1), 55 – 57.

YAMAZAKI, F., 1965: Endocrinological studies on the reproduction of the female goldfish *Carassius auratus* with special reference to the function of the pituitary gland. Mem. Fak. Fish., Hokkaido Univ. 13, 1 – 64.

YASHOUV, A., 1958: Biological Data on *Tilapia galilaea* and *Tilapia nilotica* in Fish ponds. Bamidgeh 10: 46 - 52.;

YU, T. C., LAY, J. Y., 1990: Comparison of growth of tilapia (*Oreochromis aurea*) cultured in different salinity levels: Bull. Taiwan Fish. Res. Inst., 48: 173 – 177.

YU, K. L., LIN, X. W., DA CUNHA BASTOS, J., PETER, R. E., 1999: Neural regulation of gonadotropin-releasing hormones in teleost fishes. In: Parhar, I. S., Sakuma, Y. (Eds.): GnRH Neurons: Gene to Behavior. Brain Suppan Publishers, Tokyo.

8. Abbildungsverzeichnis

		Seite
Abbildung 1	Kontrolle der GTH II Sekretion	8
Abbildung 2	Natürliche Verbreitung von <i>Oreochromis niloticus</i>	13
Abbildung 3	Temperatortoleranzbereiche von Tilapien-Spezies	19
Abbildung 4	Schematische Darstellung eines Versuchskreislaufs für die Gruppenhaltung	42
Abbildung 5	S7-Synchronisationsraten nach Wasserhärteerhöhung	59
Abbildung 6	Laichereignisse während der Versuche zum Temperatureinfluss	63
Abbildung 7	S7-Synchronisationsraten während der Versuche zur Salinität und Gruppenhaltung	68
Abbildung 8	S7-Synchronisationsraten während der Versuche zur Salinität und Einzelhaltung	70

9. Tabellenverzeichnis

	Seite	
Tabelle 1	Produktionssysteme für Tilapien	26
Tabelle 2	Proteinbedarf von Tilapien verschiedener Grössenklassen	27
Tabelle 3	Täglicher Futterbedarf von Tilapien	28
Tabelle 4	Übersicht über die durchgeführte Wasseranalytik	45
Tabelle 5	Wasserparameter während der Testserien	46
Tabelle 6	Versuche zum Einfluss der Wasserhärte mit Fischen der Herkunft Mazala I	50
Tabelle 7	Anzahl der durchgeführten Versuche je gestestetem Härtebereich	50
Tabelle 8	Versuche zum Einfluss kurzfristiger Wasserabkühlung mit Fischen der Herkunft Manzala I	51
Tabelle 9	Versuche zum Einfluss der Salinität mit Fischen der Herkunft Manzala I in Gruppenhaltung	53
Tabelle 10	Versuche zur Salinität mit den Herkünften Mazala II und El Molo	54
Tabelle 11	Versuche zur Salinität mit Fischen der Herkunft Manzala I in Einzelhaltung	54
Tabelle 12	Laichbereitschaft während der Versuchsserie zum Wasserhärteeinfluss bei Gruppenhaltung	58
Tabelle 13	Laichbereitschaft während des Versuchs zur Wasserhärteerhöhung bei Einzeltierhaltung	60

Tabelle 14	Fekundität und Eiqualität während der Versuchsserie zum Wasserhärteeinfluss bei Gruppenhaltung	61
Tabelle 15	Fekundität und Eiqualität während des Versuchs zum Wasserhärteeinfluss bei Einzeltierhaltung	62
Tabelle 16	Laichbereitschaft während der Versuche zum Temperatureinfluss	64
Tabelle 17	Laichbereitschaft während der Versuchsserie zum Salzeinfluss bei Gruppenhaltung; Herkunft Manzala I	67
Tabelle 18	Laichbereitschaft während der Versuche zur Salinität bei Gruppenhaltung; Herkunft El Molo und Manzala II	66
Tabelle 19	Laichbereitschaft während der Versuchsserie zur Salinität bei Einzeltierhaltung; Herkunft Manzala I	71
Tabelle 20	Fekundität und Eiqualität während der Versuchsserie zum Salzeinfluss bei Gruppenhaltung, Herkunft Manzala I	73
Tabelle 21	Fekundität und Eiqualität während der Versuchsserie zum Salzeinfluss bei Gruppenhaltung, Herkunft Manzala I und El Molo	74
Tabelle 22	Fekundität und Eiqualität während der Versuchsserie zur Salinität bei Einzeltierhaltung; Herkunft Manzala I	76

10. Anhang

Anhangstabelle A1: Übersicht über alle durchgeführten Versuche

Versuchs- -gruppe	veränderte Variable, []	Paral- -lenen	Wieder- -holungen	Beandlungs- -dauer [d]	Haltungs- -prinzip	Anzahl Fische	Herkunft
H1-0	- (Vorlauf)	2 (a,b)	-	28	Gruppen haltung	14	Manzala I
H1	Härte, 35°GH	2 (a,b)	5 (H1-1 bis H1-5)	25 - 28	Gruppen haltung	14	Manzala I
H1K	- (Kontrolle)	2 (a,b)	3 (H1K-1 bis H1K-3)	25 - 28	Gruppen haltung	14	Manzala I
H2	Härte, 40°GH	2 (a,b)	-	21	Gruppen haltung	12	Manzala I
H2K	- (Kontrolle)	2 (a,b)	-	21	Gruppen haltung	12	Manzala I
H3	Härte, 30°GH	2 (a,b)	-	28	Gruppen haltung	12	Manzala I
H3K (= H3)	- (Kontrolle)	2 (a,b)	-	28	Gruppen haltung	12	Manzala I
H4-1	Härte, 30°GH	2 (a,b)	-	10	Gruppen haltung	12	Manzala I
H4-2	Härte, 22°GH	2 (a,b)	-	28	Gruppen haltung	12	Manzala I
H4K (= H4)	- (Kontrolle)	2 (a,b)	-	28	Gruppen haltung	12	Manzala I
H5	Härte, 40° GH	-	-	35	Einzeltier haltung	10	Manzala I
H5K	- (Kontrolle)	-	-	35	Einzeltier haltung	10	Manzala I
S1	Sal. 25 PSU	-	6 (S1-1 bis S1-6)	14 - 28	Gruppen haltung	12	Manzala I
S1K	- (Kontrolle)	-	6 (S1K-1 bis S1K-6)	14 - 28	Gruppen haltung	12	Manzala I
S2	Salinität, 15 PSU	2 (a,b)	-	29	Gruppen haltung	12	Manzala I
S2*	Salinität, 15 PSU	2 (a,b)	2	24	Gruppen haltung	12	Manzala I
S2 K	- (Kontrolle)	-	3	29 bzw. 24	Gruppen haltung	12	Manzala I
S3	Salinität, 15 PSU	-	2	21	Gruppen haltung	12	Manzala I
S3K	- (Kontrolle)	-	2	21	Gruppen haltung	12	Manzala I
S4	Salinität, 22 PSU	-	2	28	Gruppen haltung	9	Manzala I
S4K	- (Kontrolle)	-	2	28	Gruppen haltung	12	Manzala I

Anhangstabelle A1 ff:

Versuchs- -gruppe	Veränderte Variable	Paral- -lenen	Wieder- -holungen	Beandlungs- -dauer [d]	Haltungs- -prinzip	Anzahl Fische	Herkunft
S5	Salinität, 22 PSU	-	2	35	Gruppen haltung	9	Manzala I
S5K	- (Kontrolle)	-	2	35	Gruppen haltung	12	Manzala I
S6	Salinität, 22 PSU	-	2	21	Gruppen haltung	12	Manzala I
S6K	- (Kontrolle)	-	2	21	Gruppen haltung	12	Manzala I
S7	Salinität, 22 PSU	-	2	24	Gruppen haltung	11	Manzala I
S7K	- (Kontrolle)	-	2	24	Gruppen haltung	12	Manzala I
S8 (Misch- gruppe aus S6+S7)	Salinität, 15 PSU	-	-	21	Gruppen haltung	12	Manzala I
S8K	- (Kontrolle)	-	-	21	Gruppen haltung	12	Manzala I
S9	Salinität, 22PSU	-	2	35	Gruppen haltung	11	Manzala I
S9K	- (Kontrolle)	-	2	35	Gruppen haltung	12	Manzala I
S10	Salinität, 22 PSU	-	2	28	Gruppen haltung	12	El molo I
S10K	- (Kontrolle)	-	2	28	Gruppen haltung	12	El molo I
S11	Salinität, 22 PSU	-	2	35	Gruppen haltung	18	Manzala II
S11K	- (Kontrolle)	-	2	35	Gruppen haltung	16	Manzala II
S12	Salinität, 22 bzw. 16PSU	-	4	35 bzw. 21	Einzel- haltung		Manzala I
S12-1	22 PSU	-	-	35		12	
S12-2	22 PSU	-	-	35	Einzel- haltung	11	Manzala I
S12-3	22 PSU	-	-	21		11	
S12-4	16 PSU	-	-	21		11	
S12K	- (Kontrolle)	-	4	35 bzw. 21	Einzel- haltung	10	Manzala I

Anhangstabelle A1 ff:

Versuchs- -gruppe	Veränderte Variable	Paral- -lelen	Wieder- -holungen	Beandlungs- -dauer [d]	Haltungs- -prinzip	Anzahl Fische	Herkunft
S13	Salinität, 22 bzw. 16 PSU	-	3	35 bzw. 21	Einzel- haltung		Manzala I
S13-1	22 PSU	-	-	35			Manzala
S13-2	22 PSU	-	-	35	Einzel- haltung		I
S13-3	16 PSU	-	-	21	Einzel- haltung		I
S13K	- Kontrolle	-	-	35 bzw. 21	Einzel- haltung	10	Manzala I
T1	Temperatur 10° C	2 (a,b)	2		Gruppen- haltung	12	Manzala I
T1K	- (Kontrolle)	-	2		Gruppen- haltung	12	Manzala I
PH1	Salinität + PH	-	-	21	Einzel- haltung	12	Manzala I

Anhangstabelle A2:
Fekundität und Eiqualität bei erhöhter Wasserhärte; Mazala I; Gruppenhaltung

Härte [° GH]	Dauer [d]	n LE	Eier/kg Fisch	SD	Befr.- rate [%]	SD	Schl.- rate[%]	SD	Schw.- rate[%]	SD	Gruppe
20	28	8	3148	807	44,2	41,3	22,8	26,9	19,2	22,3	H1-4, a
20	28	5	3291	1388	42,4	47,4	24,4	40,2	22,5	36,7	H1-4, b
20	28	4	2050	938	58,8	43,7	28,4	22,9	29,7	22,8	H4-2, b
30	28	7	2006	1481	26,7	34,5	23,3	24,5	16,4	19,8	H3-1, a
30	28	2	4079	2609	39,6	49,3	25,2	30,8	25,1	30,6	H3-1, b
30	25	8	3051	1168	64,7	33,8	26,1	23,1	23,0	19,8	H1-5, a
30	25	7									H1-5, b
30	21	10	3367	1092	36,11	33,9	17,9	21,3	15,9	19,3	H2-1, a
30	21	8	2762	1386	37,9	38,1	9,4	9,2	7,4	8,1	H2-1, b
30	10	4	3112	2030	25,9	31,9	8,2	13,5	8,1	13,2	H4-1, b
10	28	6	2392	1072	64,9	21,4	45,3	29,3	44,2	29,0	H4-3,bK
25-35	28	13	3445	988			14,1	18,7	8,0	15,8	H1-1, a
25-35	28	10	1825	958			38,8	32,1	26,4	20,1	H1-1, b
35	26	9	2967	1369	73,4	17,7			38,7	24,3	H1-2, a
35	26	7	3618	2341	41,2	58,2			36,8	52,0	H1-2, b
10	25	12	3355	1568	51,3	34,0	38,0	30,1	32,5	29,5	H3-2,a K
10	25	11	2767	956	74,1	21,3	47,2	18,6	44,1	17,1	H3-2,b K
40	27	5	3735	1175	50,4	36,8	23,6	31,4	21,5	29,2	H1-3, a
40	27	5	4205	205	63,8	50,2	48,1	41,1	44,5	38,0	H1-3, b
0	28	14	2230	677	50,4	40,2	38,5	35,8	36,8	35,2	H1-1 K
0	28	3	3767	619	79,7	15,5	56,2	24,4	48,9	23,3	H1-2 K
0	28	5	2859	838	64,9	40,4	33,7	20,2	26,3	12,7	H1-3 K

n LE = Anzahl Laichereignisse über den gesamten Versuchszeitraum; Gelegegröße = Anzahl Eier pro Gelege; /kg Fisch = Anzahl Eier pro kg Körpergewicht; Befr. = Befruchtungsrate; Schlrate = Schlupfrate; Schwrate. = Schwimmrate

Anhangstabelle A3:
Synchronisationsraten der Versuche zur Wasserhärte

Gruppe	Gruppen- stärke	Härte [° GH]	Dauer [d]	LE [n]	w. Behan		w. Beobacht		S [%]	
					[n]		3d	7d	S3	S7
H1-0, a K	14	10	48	17						
H1-0, b K	14	10	48	14						
H1-1, a	14	25-35	28	13	4	7	9	50,0	64,3	
H1-1, b	14	25-35	28	10	6	4	4	28,6	28,6	
H1-1 K	12	10	28	14	10	1	4	8,3	33,3	
H1-2, a	14	35	26	9	3	4	6	28,6	42,9	
H1-2, b	14	35	26	7	1	0	6	0,0	42,9	
H1-2 K	12	10	28	3	2	0	1	0,0	8,3	
H1-3, a	14	40	27	5	4	1	1	7,1	7,1	
H1-3, b	14	40	27	5	2	3	3	21,4	21,4	
H1-3 K	12	10	28	5	5	0	0	0,0	0,0	
H1-4, a	14	20	28	5	0	2	5	14,3	35,7	
H1-4, b	14	20	28	3	0	2	3	14,3	21,4	
H1-5, a	14	30	25	8	6	1	2	7,1	14,3	
H1-5, b	14	30	25	7	6	0	1	0,0	7,1	
H2-1, a	14	30	21	10	5	3	5	25,0	41,7	
H2-1, b	14	30	21	8	3	3	5	25,0	41,7	
H3-1, a	14	30	28	7	3	2	4	16,7	33,3	
H3-1, b	14	30	28	2	1	0	1	0,0	8,3	
H3-2,a K	14	10	25	12	5	4	7	33,3	58,3	
H3-2,b K	14	10	25	11	7	3	4	25,0	33,3	
H4-1, b	14	30	10	4	1	1	3	8,3	25,0	
H4-2, b	14	20	28	4	1	2	3	16,7	25,0	
H4-3,b K	14	10	28	6	4	1	2	8,3	16,7	

Anzahl LE = Summe der Laichereignisse über den gesamten Versuchszeitraum;
w. Behan. = Summe der LE während der Behandlung; w. Beobacht. = Summe
der LE im Beobachtungszeitraum

Anhangstabelle A4:
Fekundität und Eiqualität während der Versuche zur Salinität und Gruppenhaltung

Sal. [PSU]	Dauer [d]	n LE	Gelege- grösse	SD	/ kg Fisch SD	Befr.-rate [%]	SD	Schl.-rate [%]	SD	Schw.-rate [%]	SD	Gruppe	
25	28	8	1729	658	2944	1094	42,6	22,9	20	15,1	17	13,5	S1-1
25	28	8	1799	739	2725	1238	47,7	31,8	22,4	17,6	13,6	11,2	S1-2
25	28	8	1625	576									S1-3
25	14	4	2162	910	2290	1021	72,3	15,1	43,1	20,2	38,3	17,7	S1-4
0	28	14	1310	415	2330	677	50,4	40,2	38,5	35,8	36,8	35,2	S1K-1
0	28	3	2516	571	3767	619	79,7	15,5	56,2	24,4	48,9	23,3	S1K-2
0	28	5	1987	754	2859	838	64,9	40,4	33,7	20,2	26,3	12,7	S1K-3
0	14	4	1979	1177	2965	2277	62,7	46,6	35,1	31,8	31,9	25,3	S1K-4
22	28	6	1719	1129	2318	1498	64,1	22,5	45,8	21,4	42,8	22	S4-1
22	28	3	1475	1099	2007	1626	70,3	24,5	68,2	36,5	55,9	32,1	S4-2
0	28	7	1513	893	2353	1523	77,2	15,8	53,4	17,2	48,7	18,7	S4K-1
0	28	3	2671	249	3909	18	66,4	39,1	44,7	24,4	42,3	23,7	S4K-2
22	35	7	1647	1008	2319	1431	46,8	23,5	24,7	15,6	22,3	14,6	S5-1
22	35	3	1321	224	1896	337	37,1	42,6	28,7	37,4	22,6	31,9	S5-2
0	35	6	1571	1041	3777	2423	59,2	35,7	25,7	22,8	22,5	18,4	S5K-1
0	35	4	884	973									S5K-2
22	21	4	1716	495	2904	1450	58,1	16,5	33,0	19,7	30,9	18,2	S6-1
22	21	5	1406	873	2156	1045	24,5	27,7	9,9	12,4	9,4	10,5	S6-2
0	21	7	1513	893	2353	1523	77,2	15,8	53,4	17,2	48,7	18,7	S6K-1
0	21	3	2638	191	3843	75,7	66,4	39,1	44,5	24,4	42,2	23,7	S6K-2
22	24	6	1906	872	2321	1286	79,1	12,6	45,0	15,2	40,9	15,4	S7-1
22	24	6	1953	824	2397	1097	47,2	19,7	35,4	20,0	33,0	20,1	S7-2
0	24	7	1513	893	2353	1523	77,2	15,8	53,4	17,2	48,7	18,7	S7K-1
0	24	3	2638	191	3842	76	66,4	39,1	44,5	24,4	42,2	23,7	S7K-2
22	35	3	2233	689	3025	1062	1,7	2,9	0,0	0,0			S8-1
22	0	3	833	362	3426	1564	62,0	23,5	46,0	30,8	44,2	29,6	S8K-1
22	35	6	878	360	2688	1155	78,9	8,6	46,0	22,6	42,2	22,7	S9-1
22	35	2	1823	612	4169	181	63,7	11,3	16,6	22,4	12,9	17,2	S9-2

Anhangstabelle A4 ff:
Fekundität und Eiqualität während der Versuche zur Salinität und Gruppenhaltung

Sal. [PSU]	Dauer [d]	n LE	Gelege- grösse	SD	/ kg Fisch SD	Befr.-rate [%]	SD	Schlupfrate [%]	SD	Schwimmrate [%]	SD	Gruppe	
0	35	6	1571	1041	3777	2423	59,2	35,7	25,7	22,8	22,5	18,4	S9K-1
0	35	3	1100	354	2632	999	86,6	9,0	63,9	23,7	57,2	22,9	S9K-2
22	28	4	427	243	1367	662	63,2	50,1					S10-1
0	28	8	447	141	2127	778	43,0	60,8	25,0	35,4	15,4	21,7	S10K-1
22	35	9	692	506	3572	2486	11,8	12,5	6,7	7,6	5,1	6,5	S11-1
22	35	17	882	342	4162	1603	4,8	9,8	1,7	4,3	1,5	3,9	S11-2
0	35	8	1074	215	6301	1152	37,0	25,5	28,1	20,7	25,0	20,5	S11K-1
0	35	15	1143	203	7052	520	72,6	11,1	51,1	10,0	44,3	7,5	S11K-2
15	28	5	839	560	1249	833	56,4	36,6	27,5	23,4	25,3	22,4	S2-1a
15	28	7	2203	412	2748	211	61,8	29,7	32,7	18,1	27,6	17,1	S2-1b
15	24	3	2511	773	3627	1276	77,9	22,2	38,2	26,1	29,1	24,9	S2-2a
15	24	5	2475	724	3273	364	75,7	15,6	48,3	25,0	30,5	22,9	S2-2b
15	24	3	1499	336	2208	425	31,1	50,5	26,8	44,7	25,5	43,5	S2-3a
15	24	5	1693	1160	2108	1415	72,1	24,0	46,4	28,4	44,0	28,1	S2-3b
0	29	5	2492	501	4589	1421	73,4	24,5	47,1	21,0	40,9	20,4	S2K-1
0	24	5	2382	912	4086	1813	76,3	26,2	55,8	26,7	46,5	26,4	S2K-2
0	24	2	1411	771	1729	798	88,4	6,15	66,1	11,8	64,9	12,5	S2K-3
15	21	4	829	480	3552	1151	65,4	23,9	24,2	16,9	19,1	12,2	S3-1
15	21	3	978	482	4479	2086							S3-2
0	21	3	832	458	3356	1274	61,0	40,0	37,4	23,5	32,7	18,9	S3K-1
0	21	3	943	292	4565	12	84,9	10,1	57,2	4,9	59,0	1,8	S3K-2

N LE = Summe der Laichereignisse; Gelegegrösse = Anzahl Eier pro Gelege; /kg Fisch = Anzahl Eier pro kg Körpergewicht; Befr. = Befruchtungsrate

Anhangstabelle A5:

Fekundität und Eiqualität während der Versuche zur Salinität und Einzeltierhaltung

Sal. [PSU]	Dauer [d]	n LE	Gelege- grösse	SD	/ kg Fisch n	SD	Befr.-rate [%]	SD	Schlupfrate [%]	SD	Schwimmrate [%]	SD	Gruppe
22	35	8	1494	549			20,9	34,0	15,1	26,2	14,5	25,7	S12-1
22	35	4	1848	1002	4311	843	66,4	33,9	37,7	33,8	16,5	21,4	S12-2
22	21	7	1500	501	4604	1703	72,2	34,2	41,0	30,3	39,9	29,3	S12-3
16	21	7	1601	435	4139	1717	69,6	28,3	35,0	29,2	32,2	28,0	S12-4
0	35	5	1478	790	3798	2483	59,8	38,4	42,4	26,1	39,0	23,2	S12-1K
0	35	4	1459	569	4142	1010	88,1	10,1	42,6	23,8	33,9	18,3	S12-2K
0	21	7	1198	340	4175	2231	71,3	20,2	33,6	26,4	23,8	27,5	S12-3K
0	21	4	973	551	3020	1766	48,4	44	22,5	23,6	20,8	23,6	S12-4K
22	35	7	1400	584	1846	763	32,9	32,4	19,9	21,4	17,5	19,5	S13-1
22	28	6	1114	604	2170	1170	55,2	34,4	26,3	25,8	21,7	22,4	S13-2
0	35	5	953	423	3824	1195	80,6	22,5	70,4	23,0	67,5	21,1	S13-1K
0	28	5	1471	357	5288	886	65,7	37,1	35,2	25,8	29,9	22,4	S13-2K

Gelegegrösse = Anzahl Eier pro Gelege; /kg Fisch = Anzahl Eier pro kg Körpergewicht; Befr. = Befruchtungsrate

Anhangstabelle A6: Laichereignisse während der Versuchsserie zum Salzeinfluss; Gruppenhaltung; Herkunft: Manzala I (Versuche S1 bis S9)

Salinität [PSU]	Dauer [d]	Gruppe	Anzahl LE	w. Behan. [n]	w. Beobacht		S [%]	
					3d	7d	3d	7d
25	28	S1-1	8	0	0	8	0,0	66,7
25	28	S1-2	8	0	3	8	25,0	66,7
25	28	S1-3	8	0	6	8	50,0	66,7
25	14	S1-4	4	0	2	4	16,7	33,3
22	28	S4-1	6	0	4	6	44,4	66,6
22	28	S4-2	3	0	0	3	0,0	33,3
22	35	S5-1	8	0	6	8	66,6	88,9
22	35	S5-2	4	0	0	4	0,0	44,4
22	21	S6-1	4	0	4	4	33,3	33,3
22	21	S6-2	5	0	4	5	33,3	41,7
22	24	S7-1	6	0	2	6	18,2	54,5
22	24	S7-2	6	0	4	6	36,4	54,5
22	35	S8-1	5	0	3	5	25,0	41,7
22	35	S9-1	6	0	3	6	27,3	54,5
22	35	S9-2	2	0	0	2	0,0	18,2
20	21	S1-5	7	1	1	6	8,3	50,0
20	21	S1-6	7	0	1	7	8,3	58,3
15	28	S2-1a	5	0	3	5	25,0	41,7
15	28	S2-1b	7	0	0	7	0,0	58,3
15	24	S2-2a	4	0	3	4	25,0	33,3
15	24	S2-2b	5	0	4	5	30,0	41,7
15	24	S2-3a	3	1	1	2	8,3	16,7
15	24	S2-3b	7	1	5	6	41,7	50,0
15	21	S3-1	5	0	2	5	16,7	41,7
15	21	S3-2	3	2	1	1	8,3	8,3
Kontrolle	28	S1-1K	14	10	1	4	8,3	33,3
Kontrolle	28	S1-2K	3	2	0	1	0,0	8,3

Anhangstabelle A6 ff: Laichereignisse während der Versuchsserie zum Salzeinfluss; Gruppenhaltung; Herkunft: Manzala I (Versuche S1 bis S9)

Salinität [PSU]	Dauer [d]	Gruppe	Anzahl LE	w. Behan.		w. Beobacht		S [%]	
				[n]		3d	7d	3d	7d
Kontrolle	28	S1-3K	5	5		0	0	0,0	0,0
Kontrolle	14	S1-4K	4	2		2	2	16,7	16,7
Kontrolle	21	S1-5K	5	3		1	2	8,3	16,7
Kontrolle	21	S1-6K	5	2		3	3	25,0	25,0
Kontrolle	28	S2-1K	7	5		0	2	0,0	16,7
Kontrolle	24	S2-2K	6	3		0	3	0,0	25,0
Kontrolle	24	S2-3K	2	2		0	0	0,0	0,0
Kontrolle	21	S3-1K	4	1		0	3	0,0	25,0
Kontrolle	21	S3-2K	4	3		1	1	8,3	8,3
Kontrolle	28	S4-1K	9	9		0	0	0,0	0,0
Kontrolle	28	S4-2K	7	5		2	2	16,7	16,7
Kontrolle	21	S6-2K	7	5		2	2	16,7	16,7
Kontrolle	35	S8-1K	3	3		0	0	0,0	0,0
Kontrolle	35	S9-1K	6	4		2	2	18,2	18,2
Kontrolle	35	S9-2K	3	2		1	1	9,1	9,1

Anzahl LE = Summe der Laichereignisse über den gesamten Versuchszeitraum;
w. Behan. = Summe der LE während der Behandlung; w. Beobacht. = Summe
der LE im Beobachtungszeitraum

Anhangstabelle A7: Veränderung der Laichbereitschaft während der Versuchsserie zum Salzeinfluss und Einzeltierhaltung

Salinität [PSU]	Dauer [d]	Gruppe	Anzahl LE	w. Behan		w. Beobacht		S	
				[n]		3d	7d	3d	7d
22	35	S12-1	10	0		10	10	83,3	83,3
Kontrolle	35	S12K-1	13	10		2	3	20,0	30,0
22	35	S12-2	8	0		7	8	63,6	72,7
Kontrolle	35	S12K-2	11	8		1	3	10,0	30,0
22	21	S12-3	9	0		7	9	63,6	81,8
Kontrolle	21	S12K-3	10	6		2	4	20,0	40,0
16	21	S12-4	8	1		3	7	27,3	63,6
Kontrolle	21	S12K-4	11	5		2	6	20,0	60,0
22	35	S13-1	7	0		7	7	70,0	70,0
Kontrolle	35	S13K-1	12	9		2	3	20,0	30,0
22	28	S13-2	7	0		3	7	30,0	70,0
Kontrolle	28	S13K-2	9	7		2	2	20,0	20,0

Anzahl LE = Summe der Laichereignisse über den gesamten Versuchszeitraum;

w. Behan. = Summe der LE während der Behandlung; w. Beobacht. = Summe

der LE im Beobachtungszeitraum

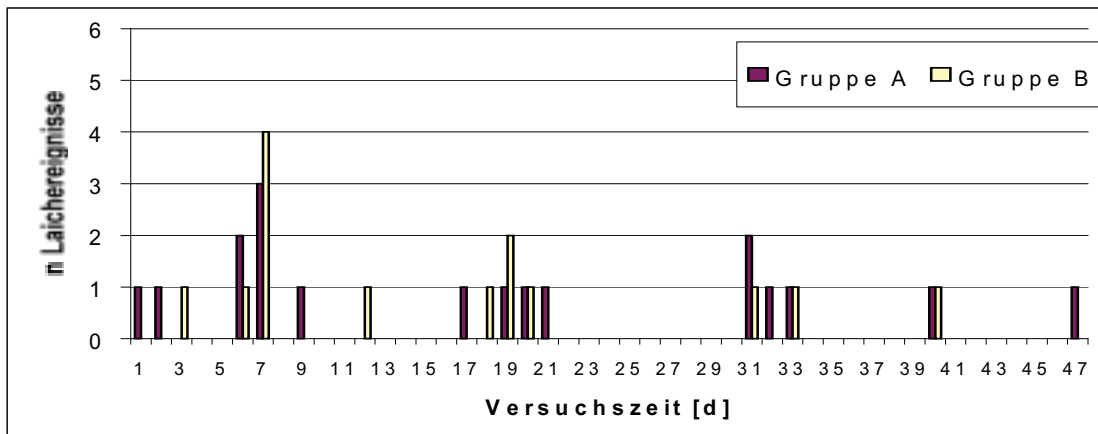


Abb. A1a: H1-0: Anzahl der Laichereignisse über die Versuchszeit von 47 Tagen; geschlossener Kreislauf, keine Beeinflussung der Wasserhärte (Vorlauf).

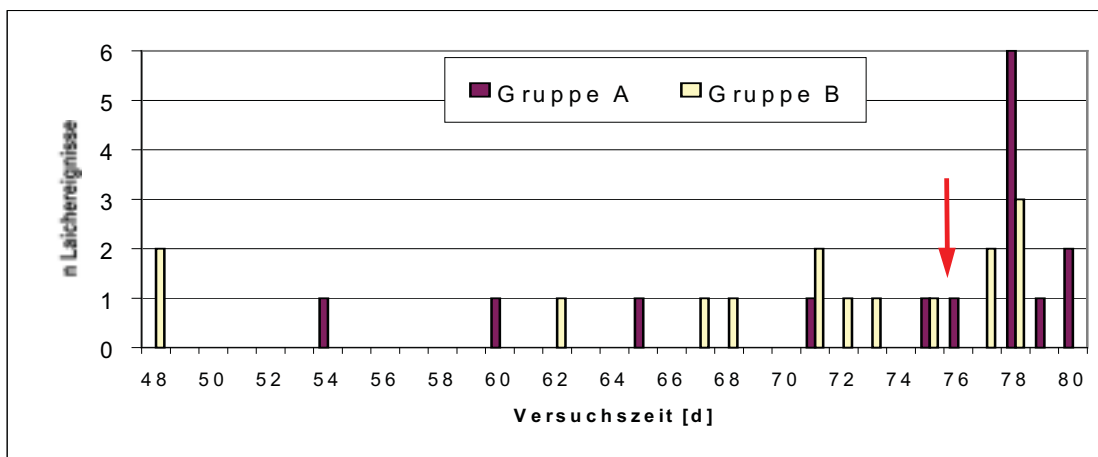


Abb. A1b: H1-1: Anzahl der Laichereignisse über die Versuchszeit von 28 Tagen; geschlossener Kreislauf, 25 –35° GH; Umstellung am 75. Tag (Pfeil).

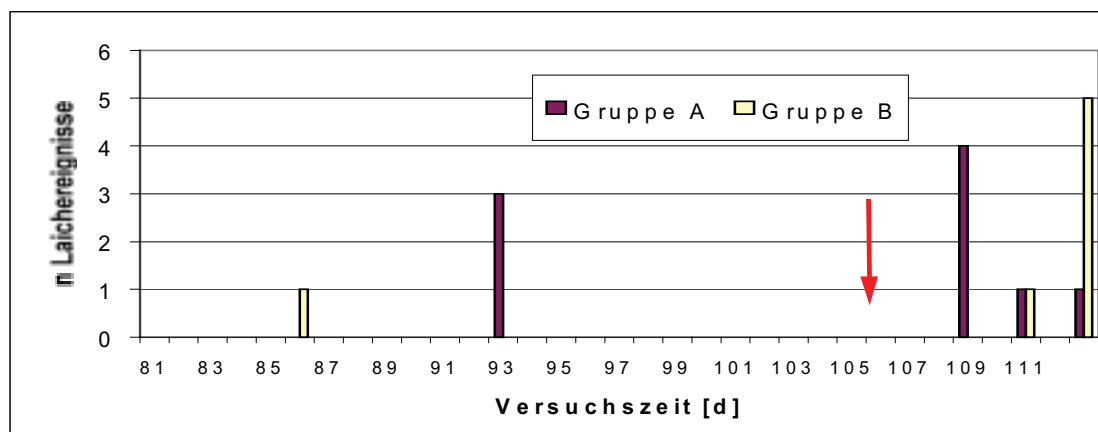


Abb. A1c: H1-2: Anzahl der Laichereignisse über die Versuchszeit von 26 Tagen; geschlossener Kreislauf 35° GH, Umstellung am 106. Tag (Pfeil).

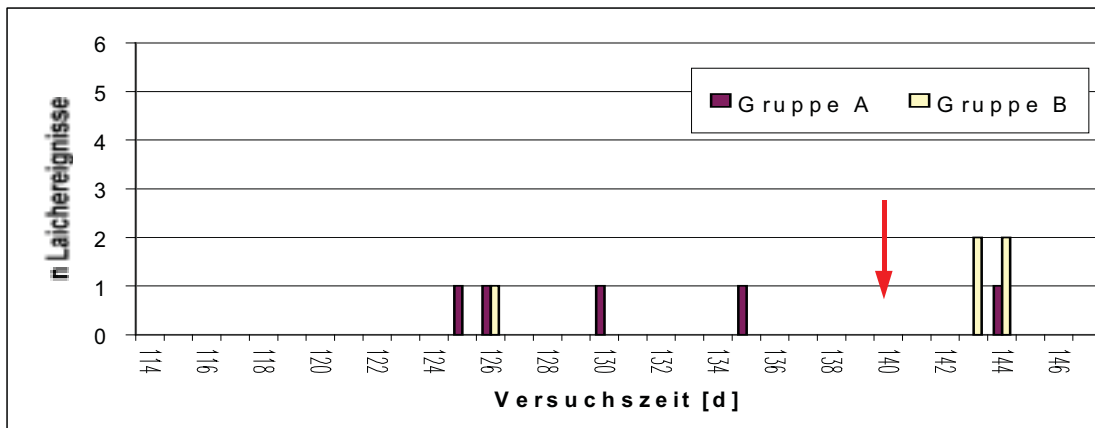


Abb. A1d: H1-3: Anzahl der Laichereignisse über die Versuchszeit von 27 Tagen; Geschlossener Kreislauf 40° GH, Umstellung am 141. Tag (Pfeil).

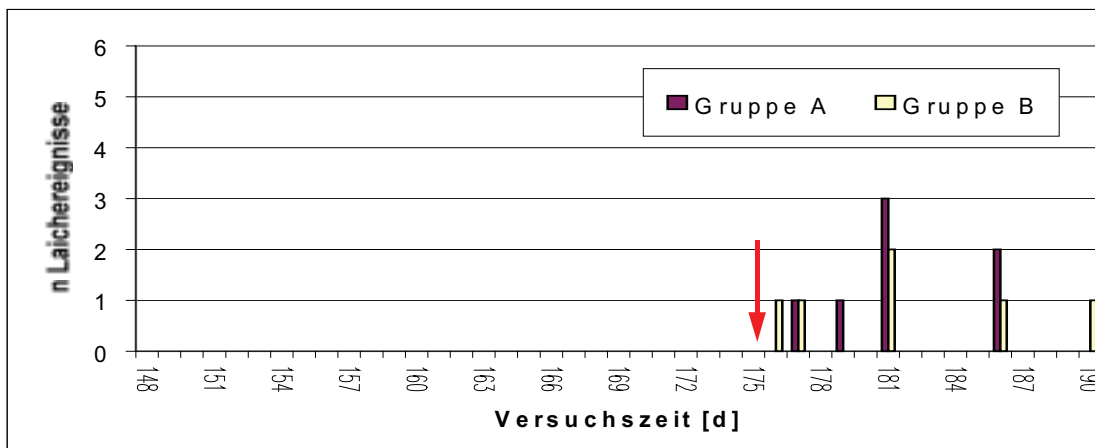


Abb. A1e: H1-4: Anzahl der Laichereignisse über die Versuchszeit von 28 Tagen; Geschlossener Kreislauf, 25 °GH; Umstellung am 176. Tag (Pfeil).

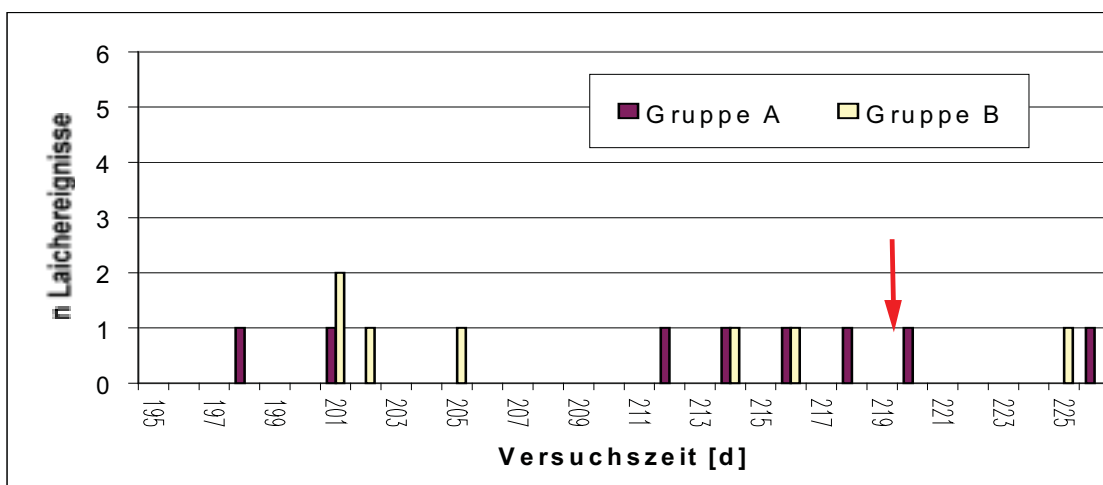


Abb. A1f: H1-5: Anzahl der Laichereignisse über die Versuchszeit von 25 Tagen; Geschlossener Kreislauf, 30°GH; Umstellung am 218. Tag (Pfeil).

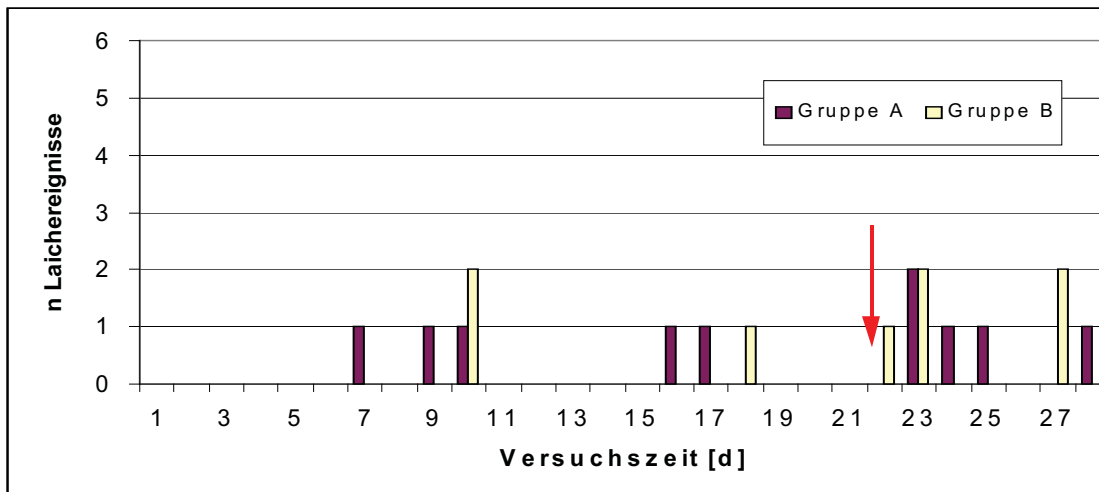


Abb. A2a: H2-1: Anzahl der Laichereignisse über die Versuchszeit von 21 Tagen; Geschlossener Kreislauf 40° GH; Umstellung am 21. Tag (Pfeil).

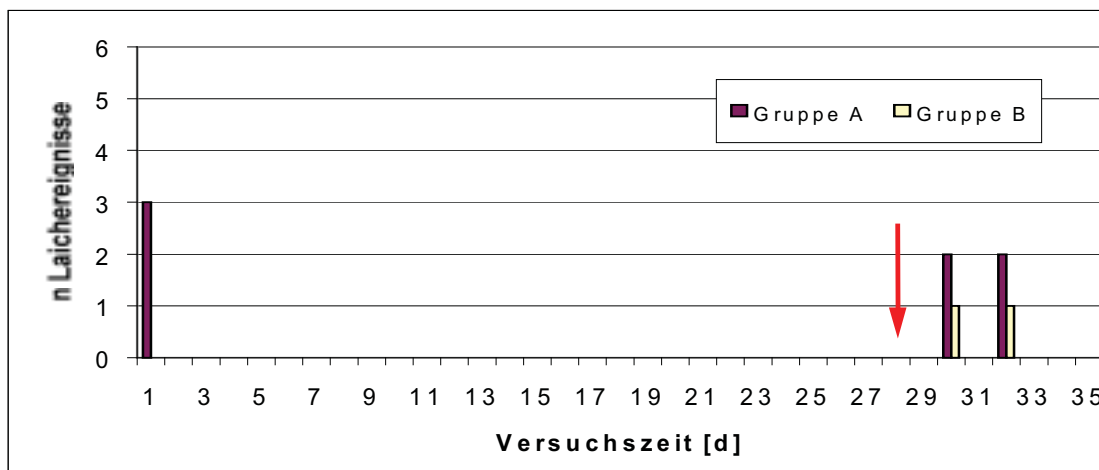


Abb. A3a: H3-1: Anzahl der Laichereignisse über die Versuchszeit von 28 Tagen; geschlossener Kreislauf, 30° GH; Umstellung am 28.Tag (Pfeil).

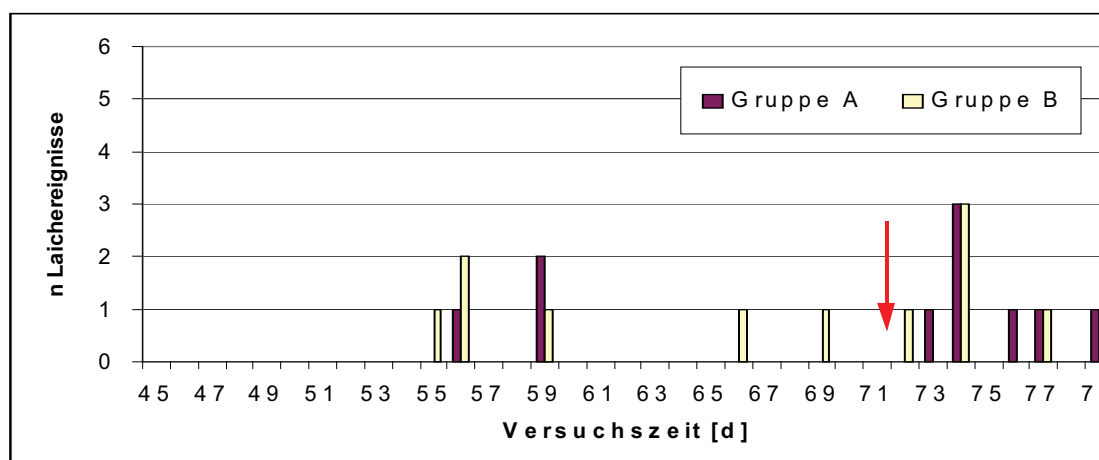


Abb. A3b: H3-2: Anzahl der Laichereignisse über die Versuchszeit von 28 Tagen; Kontrolle

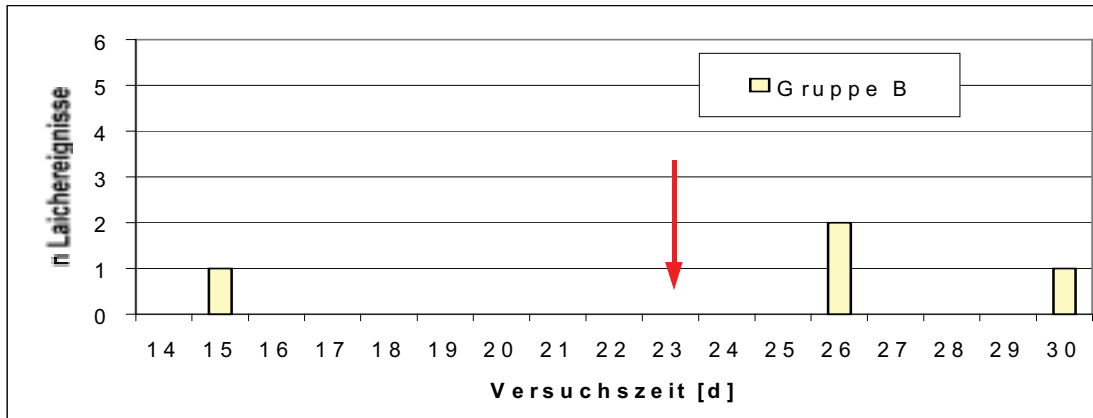


Abb. A4a: H4-1: Anzahl der Laichereignisse über die Versuchszeit von 10 Tagen; Geschlossener Kreislauf, 30° GH; Umstellung am 23. Tag (Pfeil).

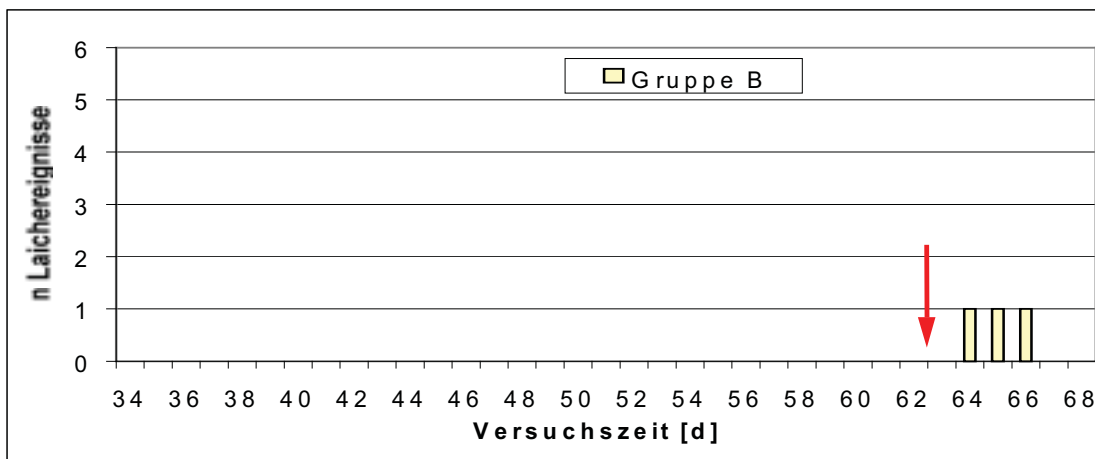


Abb. A4b: H4-2: Anzahl der Laichereignisse über die Versuchszeit von 28 Tagen; Geschlossener Kreislauf, 22° GH; Umstellung am 62. Tag (Pfeil).

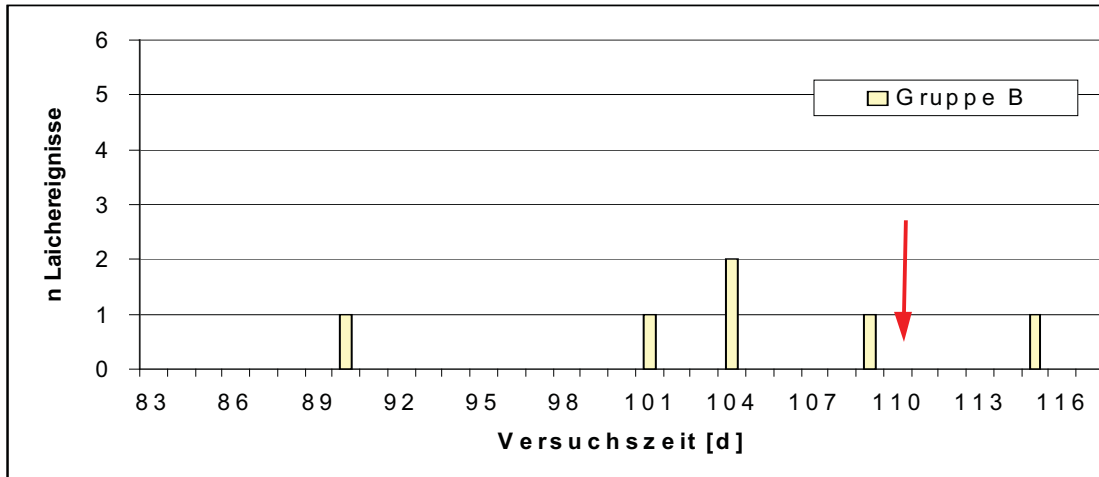


Abb. A4c: H4-3: Anzahl der Laichereignisse über die Versuchszeit von 28 Tagen; keine Wasserhärteerhöhung (Kontrolle); Umstellung am 110. Tag (Pfeil).

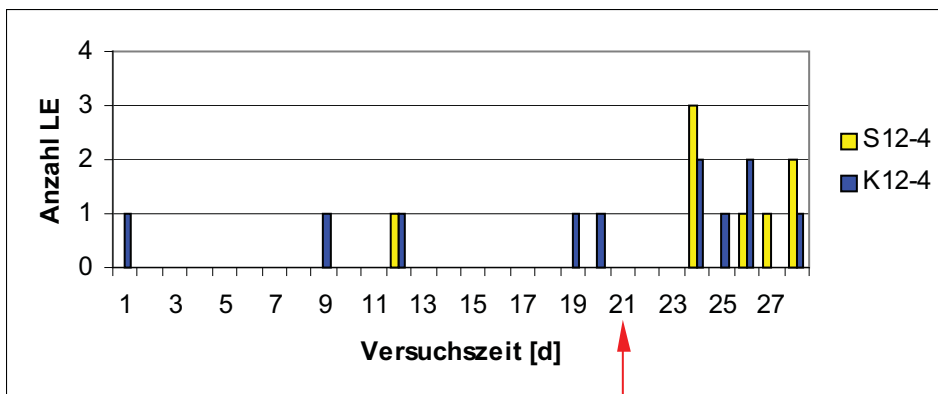
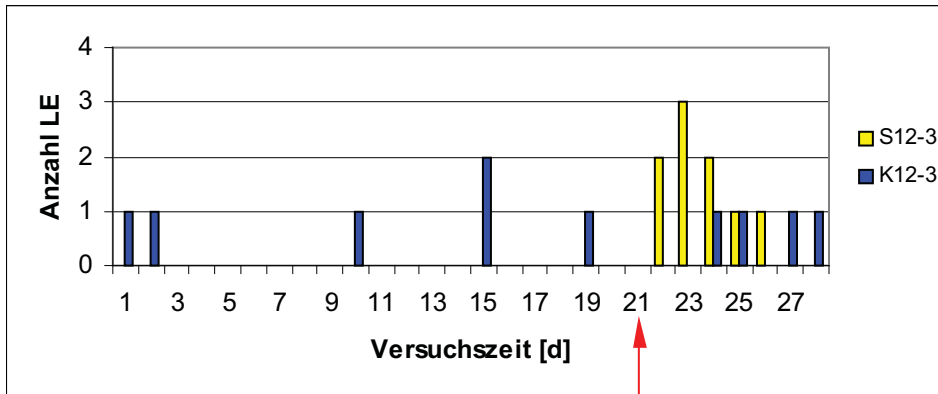
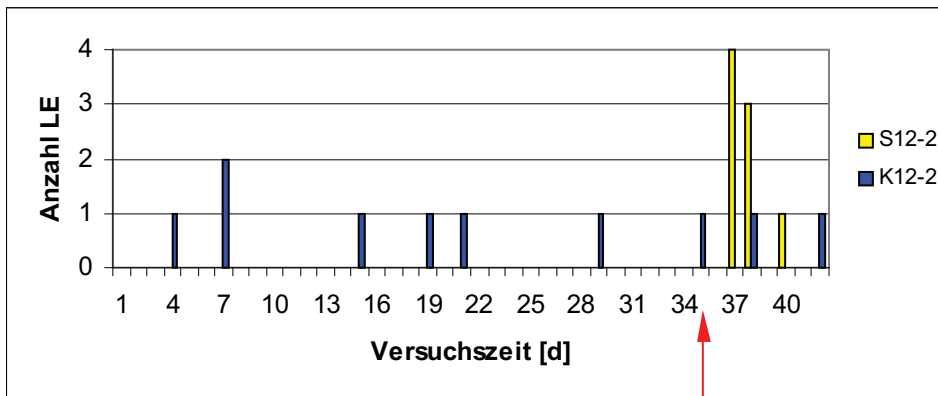
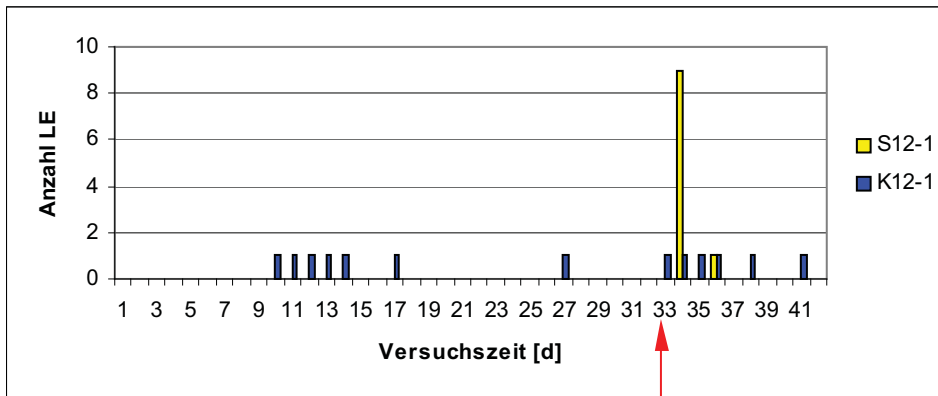


Abb. A5: Versuch 12 zur Synchronisierung mittels Salzregime; S= Versuch K=Kontrolle

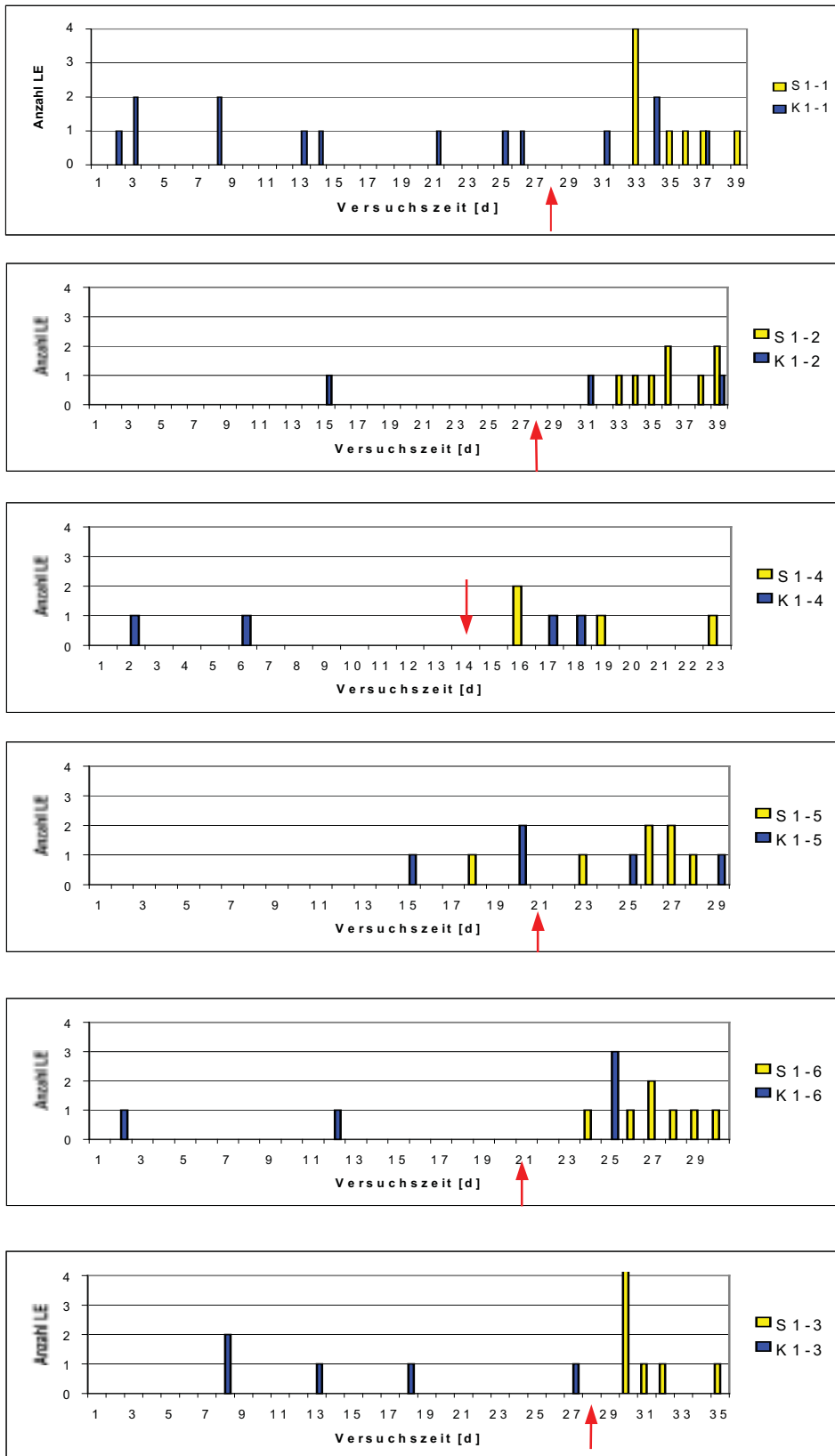


Abbildung A 6: Versuchsserie S1, 25 PSU; Laichereignisse über die Zeit; Pfeil weist auf den Tag der Umstellung von Salz- auf Süßwasser hin S1-1 bis S1-6 Versuche; K1-1 bis K1-6 Kontrollen

Lebenslauf

Persönliche Daten

Geburtstag und -Ort: 2.3.63, Pforzheim
Familienstand: ledig

Ausbildung

Schulbildung: Einschulung 1970; Grundschule bis 1974
1974 bis 1980 Realschule
1980 bis 1984 Technisches Gymnasium;

Studium: Gasthörer im Fach Biologie bis 1986 Universität
Hohenheim
Studium der Biologie in Würzburg, Kiel u. Tübingen
bis 1992;
Abschluss: Diplombiologe (Mikrobiologie)
Aufbaustudium Tropische Agrarwissenschaften an
der Universität Göttingen 9/1996 bis 5/1998;
Abschluss: MSc. of Agriculture (Aquakultur)

Promotion: 6/1998 bis 4/2001 Promotion im Fachgebiet
Aquakultur an der Universität Göttingen, Fakultät
für Agrarwissenschaft
Abschluss: Doktor der Agrarwissenschaften

Berufstätigkeit:

4/1992 bis 3/1993 praktische Durchführung der
Diplomarbeit bei Mercedes-Benz, Stuttgart,
Abteilung „Verfahrens-entwicklung Umweltschutz“
7/1993 bis 4/1994 Abfallberater beim Landratsamt
Tübingen im Aussendienst
6/1994 bis 8/1996 wissenschaftl. Angestellter am
Institut für Ostseeforschung, Rostock, Fachgebiet
Marine Mikrobiologie
2.1.99 bis 1.4. 01 wissenschaftlicher Angestellter
am Institut für Tierzucht und Haustiergenetik,
Universität Göttingen;
1.5. bis 31.10. 2001 Projektmanager Aquakultur für
die Firma Megafisch GmbH, Bornhöved;
seit 15.8.2002 Projektmanager für „Save-
Foundation“, Konstanz

Auslandsaufenthalt:

4/1993 bis 6/1993 Studienreise nach Ostafrika mit
Arbeitsaufenthalt auf der „Baobab-Farm“ ,
Mombasa, Schwerpunkt Fischzucht,
Abwasserreinigung;
5/2001 bis 10/2001 Projektmanager in Ely, Gross
Britannien

