

Berichte
aus dem
Institut für Meereskunde
an der
Christian-Albrechts-Universität Kiel
Nr. 79

ZUR POPULATIONSDYNAMIK UND ÖKOLOGIE VON TILAPIA
RENDALLI (BLGR.) IM LAGO SAUCE (PERU)

von

CLAUDIA WOSNITZA-MENDO

DOI 10.3289/IFM-BER-79

Kopien dieser Arbeit können bezogen werden von:
Claudia Wosnitza-Mendo
Institut für Meereskunde
Abt. Fischereibiologie

23 Kiel

Düsternbrooker Weg 20

ISSN 0341 - 8561

1980

Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit behandelt die biologischen Grundlagen der Bewirtschaftung des Lago Sauce in Perú. Im Mittelpunkt stand die Populationsdynamik von Tilapia rendalli (Blgr), deren Biomasse und die Gründe, die einige Jahre nach dem Einsetzen zu den Zwergformen führten.

Besonderer Wert wurde dabei auf die Anwendung und den Vergleich mehrerer Methoden zur Biomassenbestimmung gelegt, wobei verstärkt der ökonomische Gesichtspunkt, der für Entwicklungsländer interessant ist, beachtet wurde. Dabei zeigte sich, daß die Echolotung mit einem speziell für Seen entwickelten Gerät bei verbesserter Auswertung sehr gut zur Biomassenbestimmung geeignet ist. Auch die nach DeLury (1947) modifizierte Methode der "aufeinanderfolgenden Fischerei", wobei mehrere Male direkt hintereinander ein gleiches Areal abgefischt wird, lieferte genügend genaue Ergebnisse.

Die Auswirkungen der eingesetzten Tilapia auf die einheimische Ichthyofauna und die Beziehungen zum 1962 eingesetzten Arapaima gigas, dessen Futterfisch Tilapia sein sollte, wurden untersucht, wie auch der Einfluß der einheimischen Fischerei. Sowohl die Anzahl der natürlichen Feinde, als auch die Fischereirate reichten zur Zeit der Untersuchung nicht aus, um den Tilapiabestand zu beschränken. Die geringe Durchschnittsgröße der Individuen läßt sich erklären: erstens durch eine Wachstumsverminderung nach Erreichen der Geschlechtsreife, die im Lago Sauce schon bei geringerer Größe als in anderen Gewässern eintritt. Zweitens hemmt die zu hohe Dichte des Bestandes das Wachstum und drittens gibt es eine hohe Sterblichkeit nach dem 3. bzw. 2. Lebensjahr. Dies hängt wahrscheinlich mit der Laichhäufigkeit und damit Überforderung zusammen.

Die Altersbestimmung wurde mit Hilfe der Schuppen durchgeführt. Die periodischen Änderungen werden von der Regenzeit bestimmt.

Begleitende hydrographische, physikalische und chemische Untersuchungen, sowie Verhaltensstudien von Tilapia rendalli sollen das Gesamtbild abrunden und erklären.

Resumen

El presente trabajo trata de las bases biológicas de la explotación del Lago Sauce en Perú. El punto mas importante fue la Dinámica de Poblaciones de Tilapia rendalli (Blgr), su biomasa y las causas que condujeron algunos años despues de su introducción a formas enanas.

Un importante parámetro fue usado en la aplicación y la comparación de algunos métodos de la determinación de la biomasa, en donde se puso importancia en el punto de vista económico que es muy interesante para países en desarrollo. Aquí se mostró, que el ecosondaje con un aparato especial desarrollado para lagos, puede dar muy buenos resultados. Tambien el método modificado de las pescas sucesivas (DeLury, 1947), en que varias veces en seguida se pesca en una misma área, dió resultados suficientemente exactos.

Los efectos de la introducción de Tilapia en la fauna de peces indigenas y las relaciones a la introducción en 1962 de Arapaima gigas quienes deben tener la Tilapia como alimento fueron investigados, asi como tambien la influencia de la pesca indigena. Tanto el número de enemigos naturales como la tasa de la pesqueria no era suficiente en el tiempo de la investigación para poder limitar la población de Tilapia.

Los bajos promedios de la longitud de los individuos se pueden explicar: primero por una disminución del crecimiento por el logro de la madurez sexual, que en el Lago Sauce a bajo tamaño se produce. Segundo la alta densidad de la población en el lago reduce el crecimiento y tercero se da una alta mortalidad en los machos despues del 3er año de vida y para las hembras despues del 2do año de vida. Esto tiene que ver posiblemente con la frecuencia de desove y con esto el esfuerzo excesivo.

La determinación de la edad fue llevado a cabo con ayuda de las escamas. Las épocas de lluvia determinan los cambios periódicos.

Con investigaciones hidrográficas, físicas y químicas así como estudios de comportamiento de Tilapia se llega a concluir y a explicar el cuadro general.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	S.	1
Danksagung	S.	4
2. Abiotische Faktoren des Lago Sauce	S.	5
2.1. Lage und Größe des Sees	S.	5
2.2. Material und Methoden	S.	7
2.2.1. Hydrologische und physikalische Daten	S.	10
2.2.1.1. Wassertemperatur	S.	10
2.2.1.1.1. Schichtung	S.	11
2.2.1.1.2. Durchmischung des Sees	S.	13
2.2.1.2. Transparenz, Wasserzufluß, Wasserabfluß	S.	14
2.2.2. Chemische Daten	S.	14
2.2.2.1. Sauerstoff	S.	15
2.2.3. Meteorologische Daten	S.	16
3. Ökologische Untersuchungen von <u>Tilapia rendalli</u> im Lago Sauce	S.	18
3.1. Einleitung	S.	18
3.1.1. Systematische Stellung	S.	18
3.1.2. Herkunft	S.	18
3.2. Material und Methoden	S.	18
3.3. Natürliche Feinde und Konkurrenten	S.	20
3.4. Verhaltensstudien	S.	22
3.4.1. Verteilung und lokale Standortveränderung	S.	22
3.4.2. Schwarmbildung	S.	25
3.4.3. Laichverhalten	S.	25
3.5. Nahrung	S.	28
3.5.1. Nahrungszusammensetzung	S.	28
3.5.2. Nährwert der aufgenommenen Nahrung - Fettgehalt der <u>T. rendalli</u>	S.	34

3.5.3. Relative Mageninhalte	S. 37
3.6. Fortpflanzung	S. 38
3.6.1. Minimallänge und Minimalalter bei Geschlechtsreife	S. 38
3.6.1.1. Einfluß der Temperatur	S. 40
3.6.2. Reproduktionspotential	S. 41
3.6.3. Korrelation zwischen Eizahl, Gewicht der Gonade und Länge bzw. Gewicht der T.	S. 42
3.6.4. Laichzeiten	S. 43
3.7. Parasiten	S. 45
3.8. Diskussion	S. 45
4. Populationsdynamik der <u>T. rendalli</u> im Lago Sauce	S. 47
4.1. Einleitung	S. 47
4.2. Material und Methoden	S. 47
4.3. Struktur der Population	S. 48
4.3.1. Geschlechterverhältnis	S. 48
4.3.2. Längen- Gewichtsrelation	S. 50
4.3.3. Längen- Häufigkeitsverteilung	S. 51
4.3.4. Mittlere Länge pro Monat und Zone	S. 53
4.3.5. Mittleres Gewicht pro Monat und Zone	S. 57
4.4. Altersbestimmung	S. 57
4.4.1. Petersen-Methode (Versuch)	S. 61
4.4.2. Altersbestimmung durch Schuppenringe	S. 61
4.5. Wachstum	S. 64
4.5.1. Einfluß von Ausscheidungsprodukten auf das Wachstum	S. 64
4.5.2. Einfluß des Raumfaktors auf das Wachstum	S. 65
4.5.3. Längenwachstum	S. 65
4.6. Gewichtswachstum	S. 68
4.7. Alterstruktur der Population	S. 69
4.8. Gesamtsterblichkeit (Z)	S. 72

4.8.1. Schätzung der abgelaichten Brut zur Bestimmung eines neuen Z	S. 73
4.9. Biomassenbestimmung, Vergleich von 4 verschiedenen Methoden	S. 74
4.9.1. Biomassenbestimmung nach dem "befischten Areal"	S. 74
4.9.2. Echolotung	S. 78
4.9.2.1. Vergleich der Echolotung mit dem Ergebnis in 4.9.1.	S. 84
4.9.3. Biomassenbestimmung durch akkumulative Fischerei (Methode DeLury)	S. 85
4.9.3.1. Methode	S. 85
4.9.3.2. Ergebnisse	S. 87
4.9.3.3. Vergleich mit der Methode des "befischten Areals"	S. 88
4.9.4. Biomassenbestimmung durch Markierung	S. 89
4.10. Bedeutung der <u>Tilapia</u> in Relation zu den übrigen Fischarten	S. 91
4.11. Produktion	S. 96
4.12. Diskussion	S. 97
5. Die Fischerei im Lago Sauce	S. 100
5.1. Einleitung	S. 100
5.2. Material und Methoden	S. 100
5.3. Zahl der Fischer und Fanggeräte	S. 100
5.4. Fischereizonen und -zeiten	S. 103
5.5. Fangmenge	S. 103
5.6. Diskussion	S. 105
6. Gesamtdiskussion und praktische Auswirkung der Ergebnisse	S. 105
6.1. Discusión general y efecto práctico de los resultados	S. 111
7. Anhang	S. 116
7.1. Literaturverzeichnis	S. 116
7.2. Tabellenanhang	S. 124

Leyenda de las figuras y tablas:

- Fig. 1 Panorama general del Lago Sauce
- Fig. 2 Nivel de agua (valores suavizados). Las flechas indican una elevada actividad de reproducción.
- Fig. 4 Profundidad-Secchi (Promedio de las 7 estaciones)
- Fig. 3 Temperatura superficial (10.00 a.m.). Las flechas indican una elevada actividad de reproducción.
 o-o Temperatura del agua
 x-x Temperatura media del ambiente (estación Sauce)
- Tabla 2 Datos meteorológicos de la estación Sauce (1976)
- Fig. 5 Frecuencia porcentual de los Item de alimentación de T. rendalli (1= arena, 2= Makrophytos, 3=Phytoplanton, 4= Zooplanton, 5=Restos de algas filamentosas 6= Larvas de insectos)
- Tabla 3 Porcentaje de machos y hembras de T. rendalli por mes en la orilla
- Tabla 5 Longitud promedio de T. rendalli por mes
- Fig. 6 Distribución de frecuencia del perifiton en el Lago Sauce (1= Perifiton Total, 2= Chryso-phyceae, 3= Cyanophyceae, 4= Chlorophyceae, 5= Pyrrophyceae,) por Fukushima
- Fig. 7 Frecuencia porcentual del alimento de Tilapia (por Tresierra)
- Tabla 6 Distribución porcentual del contenido de grasa en los órganos internos de T. rendalli
- Fig. 8 Contenido de grasa intestinal de T. rendalli (Grado I hasta IV.), mirar texto, flechas indican una elevada reproducción
- Tabla 7 Distribución porcentual del grado de llenura de T. rendalli
- Fig. 9 Distribución porcentual del grado de llenura de T. rendalli
- Fig. 10 Frecuencia porcentual de madurez sexual de hembras de Tilapia en el correr del año (flechas señalan elevada actividad de reproducción)
- Tabla 8 Relación de sexos por zonas
- Fig. 11 Relación de sexos por zonas

- Fig. 12 Distribución de frecuencia de longitudes de T. rendalli en el Lago Sauce para la zona pesquera IV
- Tabla 9 Longitud promedio, desviación standard y coeficiente de variación
- Tabla 10 Diferencias en longitud ($\bar{l}_j - \bar{l}_q$) para diferentes meses y zonas
- Tabla 11 Longitud promedio de T. rendalli por mes
- Tabla 12 Aumento promedio en longitud de época en época de desove
- Tabla 13 Peso promedio por mes y zona
- Tabla 14 Peso promedio por mes
- Fig. 13 Peso promedio de T. rendalli (flechas indican una elevada actividad de desove)
- Tabla 15 Formación de anillos
- Tabla 16 Longitud promedio por anillo
- Tabla 17 Mediciones de la distancia de los anillos de escamas (en unidades oculares)
- Tabla 18 Crecimiento marginal (en unidades oculares)
- Tabla 19 Crecimiento anual
- Fig. 14 Crecimiento en longitud
- Fig. 15 Crecimiento estacional (en medio años)
- Tabla 20 Peso promedio por anillo
- Fig. 16 Crecimiento en peso
- Fig. 17 Distribución de frecuencia en longitud para todas las estaciones pesqueras y meses
- Tabla 21 Distribución porcentual de clases singulares de longitudes
- Tabla 22 Tasa de sobrevivencia y mortalidad total
- Tabla 23 Tasa de sobrevivencia y mortalidad total (incluyendo juveniles)
- Fig. 18 Número promedio de peces capturados por mes
- Tabla 24 Capturas con chinchorro de T. rendalli por zona y mes
- Tabla 25 Número total de T. rendalli por mes, calculado por las capturas con chinchorro
- Tabla 26 Número promedio de T. rendalli por m²

- Tabla 27 Biomasa de T. rendalli (ecosondeo)
Fig. 19 Recorrido en zick-zack del ecosonda (FAO)
Fig. 20 Ecograma de T. rendalli en el Lago Sauce
Fig. 21 Distribución de la densidad de T. rendalli en el Lago Sauce (FAO)
Tabla 28 Biomasa de la T. rendalli por el método de DeLury
Tabla 29 Frecuencia relativa de diferentes especies en relación a T. rendalli
Tabla 30 Captura de peces por los habitantes de Sauce
Tabla 31 Artes de pesca, tiempo de pesca
Fig. 22 Captura por pescador por día en diferentes meses
Tabla 1A Secchi-profundidad (cm)
Tabla 2A Afluyente, Efluyente (m^3 /seg)
Tabla 3A Oxígeno (mg/l)
Tabla 4A Saturación de oxígeno (en 650 m)
Tabla 5A Contenido de CO_2 en mg/l
Tabla 6A Valores de pH
Tabla 7A Alcalinidad (total y fenolftaleina, mg/l)
Tabla 8A Dureza total y dureza de calcio (mg/l)
Tabla 9A Contenido de cloruro (mg/l)
Tabla 10A Nutrientes (mg/l)
Tabla 11A Producción primaria (10 cm de profundidad)
(en mg C por m^3 por hora)

1. Einleitung

Die vorliegende Arbeit ist ein praktischer Beitrag zur Entwicklungshilfe Perus. Sie sollte die Grundlage für eine neue Bewirtschaftung des Lago Sauce und ähnlicher Gewässer liefern und junge peruanische Fischereibiologen in die praktische und theoretische Arbeit an Populationen von Süßwasserfischen einführen. Die methodischen Untersuchungen haben darüberhinaus auch Bedeutung für andere Projekte tropischer Fischereibiologie. Die Arbeit soll daher in Lateinamerika in spanischer Sprache publiziert werden.

Die Arbeit wurde Ende 1975 im Rahmen eines gemeinsamen Projektes der Nationalen Universität von Trujillo/Perú und dem Regionalen Fischereiministerium in Tarapoto begonnen. In meiner Funktion als Entwicklungshelfer des Deutschen Entwicklungsdienstes war ich Counterpart der beiden am Projekt beteiligten Professoren, Manuel Fukushima N., der hauptsächlich den limnologischen Bereich bearbeitete und Alvaro Tresierra A., der für den fischereilichen Teil verantwortlich war. Das Fischereiministerium übernahm die Finanzierung und wollte über den Zustand der Population von Tilapia rendalli im Lago Sauce informiert werden. 1040 Jungfische waren 1968 aus Brasilien eingeführt und in den See eingesetzt worden als Nahrung für den 1962 eingesetzten Arapaima gigas.

Nach anfänglich guter Entwicklung - in den ersten Jahren wurden die Tilapia sogar von den Bewohnern des Dorfes Sauce in der Provinzhauptstadt verkauft - verminderte sich im Laufe der Zeit die Größe der Individuen, so daß sie nicht mehr marktfähig waren. Nach Literaturkenntnissen anderer Tilapiaarten konnte man schließen, daß eine Überbevölkerung im See vorlag. Da der Arapaima gigas sich erwiesenermaßen bis Ende 1975 noch nicht fortgepflanzt hatte, und diese Art der einzige ernsthafte Räuber von Tilapia ist, reichte deren Zahl

wahrscheinlich nicht aus, um den Bestand zu kontrollieren. Im Hinblick auf diese Tatsachen und da meine Counterparts zu jener Zeit noch keine Kenntnisse in Populationsdynamik hatten, entwickelte ich einen Arbeitsplan, der 1976 mit Unterstützung von mehreren Angestellten und Hilfskräften durchgeführt wurde.

Dabei traten viele Schwierigkeiten auf. So wurde zum Beispiel im Verlauf des Jahres 1976 durch die im Land erzeugte Inflation die Finanzierung des Projekts in Frage gestellt und Personal mußte entlassen werden. Manchmal fehlten Reagenzien, die auch nicht in der Provinzhauptstadt besorgt werden konnten und per Luftfracht verspätet eintrafen, so daß die Zeitreihen der chemischen Parameter lückenhaft sind. Zum See selbst gelangt man nach 3-stündigem Marsch oder Ritt über einen gebirgigen Dschungelpfad, über den auch alle benötigten Hilfsmittel herbeigeschafft werden mußten.

Trotzdem gelang es, eine Reihe von Untersuchungen erfolgreich abzuschließen. Einen Teil davon arbeitete ich zusammen mit Prof. Fukushima 1977 für einen Bericht an das Fischereiministerium auf.

Zwei Examensarbeiten von Studenten der Universität Trujillo wurden unter meiner Anleitung mit dem Material bisher erstellt: Altersbestimmung von Tilapia rendalli mit Hilfe der Schuppen (R. Castellanos, 1978) und die Phytoplanktonzusammensetzung und -verteilung im See (A. Sandoval, 1978).

Zur Lösung der wesentlichen Frage, warum fast nur noch kleine Exemplare von Tilapia rendalli gefangen wurden und welches die Ichthyobiomasse im See war, erwies es sich vor allem als notwendig, verschiedene Methoden der Biomassenbestimmung zu vergleichen. Dabei wurde besondere Rücksicht auf die finanziellen Probleme des Entwicklungslandes Perú gelegt. Die Ergebnisse sollten für ähnlich bevölkerte Seen anwendbar

sein, sei es in Perú oder anderen tropischen Ländern. Bisher wurde die Suche nach ökonomischeren Untersuchungsmethoden vernachlässigt.

Es wurden 4 verschiedene Methoden der Biomassenbestimmung benutzt:

- Fischerei in einem bestimmten Areal ("swept area")
- Echolotung (mit Hilfe der FAO)
- modifizierte Methode nach DeLury
- Markierung

Außerdem wurden verschiedene biologische Parameter zur Beantwortung der Fragestellung bestimmt (Reproduktion, Nahrung, Wachstum, Einfluß auf andere Fischarten). Es wird gezeigt, daß Schuppen zur Altersbestimmung herangezogen werden können.

Physikalische und chemische Messungen sollten Hilfestellung leisten.

Der Einfluß der einheimischen Fischerei wurde untersucht.

Danksagung

Meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. G. Hempel, danke ich für seine Unterstützung und seine konstruktive Kritik bei der Fertigstellung dieser Arbeit.

Ganz besonders danke ich auch meinen peruanischen Counterparts, Prof. Alvaro Tresierra A. und Prof. Manuel Fukushima N., ohne die das Projekt nicht durchführbar gewesen wäre. Ebenso möchte ich die damaligen Studenten R. Castellanos und A. Sandoval erwähnen, die Teile des Materials in ihren Examensarbeiten aufarbeiteten.

Herrn C. Schubert und Herrn D. Delling danke ich für die hilfreichen Textdiskussionen.

Zum Schluß noch meinen Dank dem Deutschen Entwicklungsdienst, der Organisation, die mir diese Arbeit erst möglich machte.

2. Abiotische Faktoren des Lago Sauce

2.1. Lage und Größe des Sees

Der Lago Sauce liegt im Bezirk Sauce der peruanischen Provinz San Martín, etwa 5 km vom rechten Ufer des Rio Huallaga entfernt in einer Höhe von 650 m ($76^{\circ} 12,5'$ westlicher Länge; $6^{\circ} 46,5'$ südlicher Breite). Der See und das dazugehörige Tal sind tektonischen Ursprungs und befinden sich in der Selva Alta (gebirgiger Urwald). Sie sind von Hügeln umgeben, die knapp 1000 m überschreiten und im östlichen Teil aus Sandstein und im westlichen Teil aus Kalkstein bestehen. Die tektonische Senke ist Folge einer geologischen Verwerfung in dieser Kontaktzone aus Kalkstein und Sandstein (Peñaherrera et al., 1967).

Am Abfluß des Sees (Rio Desaguadero) treten Salzminen zutage (Abb. 1), die ausgebeutet werden. Der Rio Desaguadero hat eine Reihe von Katarakten, die den See von der reichen ichthyologischen Fauna des Rio Huallaga isoliert halten.

Der See hat eine sehr unregelmäßige Form und ist ungefähr 4,8 km lang. Man kann zwei Körper unterscheiden, der erste 2,6 km lang und im Mittel 1,4 km breit, der zweite 2,2 km lang und im Mittel nur 400 m breit. Zwischen beiden Körpern befindet sich eine Enge, die nur 280 m breit ist. Diese Enge ist nur 15 m tief und bildet eine Barriere zwischen den beiden tieferen Becken. Im schmalen Teil des Sees findet man die Maximaltiefe mit 37,5 m gegenüber dem Abfluß und im breiten Teil findet man Tiefen bis zu 24,5 m.

Es existieren 7 Zuflüsse zum See, die während der trockneren Jahreszeit fast ganz verschwinden. Ihr Ursprung ist am Fuß der den See umgebenden Hügel.

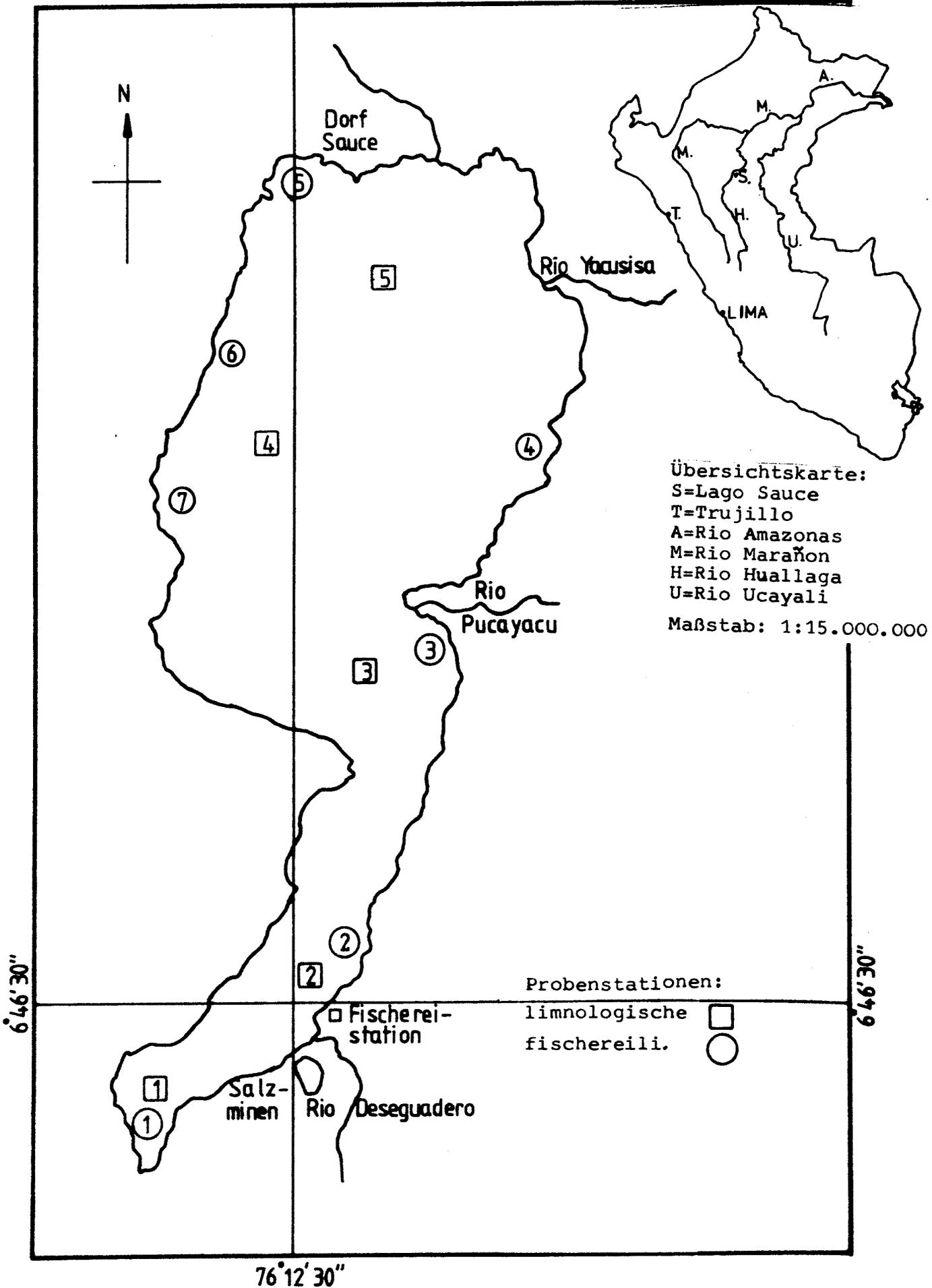


Abb. 1: Lago Sauce mit Übersichtsskizze

Der wichtigste Zufluß ist der Rio Pucayacu. Einer der Zuflüsse kommt aus der kleinen Lagune Sunicocho. Die Oberfläche des Sees beträgt ca. 430,8 h. Oberfläche und Volumen (ungefähr 80 Mill.m³) schwanken bedingt durch Regenfälle. Man kann zwei Jahreszeiten unterscheiden; die Zeit der nur vereinzelt Regenfälle (Juni - Dezember) und die Zeit der starken Regenfälle (Januar - Mai). Diese beiden Jahreszeiten sind aber nicht exakt auf diese Monate festgelegt, sondern können um einige Wochen schwanken. Das Wasserniveau des Sees ist in den beiden Jahreszeiten des untersuchten Jahres 1976 ganz unterschiedlich (Abb.2). Die Regenzeit beginnt Mitte Januar, erreicht ihr Maximum im Februar, hat ein Tief im März und setzt sich von April bis Juni fort, danach gibt es nur noch geringe Schwankungen im Niveau. Bei der Abb. 3 handelt es sich um geglättete Werte. Die täglichen Schwankungen können bis zu 20 cm betragen bedingt durch starke Regenfälle. Die Auswirkungen auf physikalische und chemische Parameter und damit auf die Tilapia-Population werden später diskutiert.

2.2. Material und Methoden

Zur Bestimmung der abiotischen Faktoren wurden folgende Messungen und Quellen benutzt:

Die Niveaubestimmungen erfolgten mit einem vom Fischereiministerium 1967 angebrachten Niveaumesser. Die Transparenz wurde mit der Secchi-Scheibe bestimmt.

Für die Messung von Zufluß und Abfluß durch die mit dem See in Verbindung stehenden Flüsse wurde folgende Formel benutzt:

$$Q = W_m \times D_m \times V_m$$

Q = Wassermenge (m³ / Sek.) (Durchstrommesser)

W_m = Breite des Wasserkanals (m)

D_m = Tiefe des Kanals (m)

V_m = mittlere Geschwindigkeit (m/Sek.)

Die Temperatur wurde an 5 verschiedenen Stationen (Abb. 1) in jeweils 0, 5 und 10 m Tiefe gemessen. An der Station 2 wurde im Abstand von 1 Meter von 0 - 10 Meter Tiefe gemessen.

Die chemischen Parameter wurden nach den an der Universität von Trujillo/Perú üblichen Methoden bestimmt. Im folgenden werden die Methoden nur kurz erwähnt und auf die benutzte Literatur verwiesen.

1. pH - Wert: mit pH - Meter

2. gelöster Sauerstoff: Winkler-Methode, modifiziert nach Alsterberg (Golterman 1969)

3. freies Kohlendioxyd: Phenolphthalein- oder NaOH-Methode nach Krogh und Lange (Hutchinson 1957)

Die Methode des Phenolphthalein oder NaOH basiert darauf, daß das freie Kohlendioxyd mit dem NaOH reagiert und Natriumbikarbonat bildet, das am Schluß durch die Bildung der charakteristischen Rosafärbung des Phenolphthalein angezeigt wird.

4. Gesamtalkalinität und Phenolphthaleinalkalinität: nach Golterman, 1969

Die Methoden für die Bestimmung der Phenolphthalein- und Gesamtalkalinität basieren in erster Linie auf der Neutralisation des Hydroxyds und der Transformation der Bikarbonate in Kohlensäure.

5. Gesamthärte: Titration mit EDTA, bestimmt Ca und Mg

6. Kalziumhärte: Kalzein-Methode

Man nimmt 50 ml der Wasserprobe und fügt 1 Tropfen einer 2%igen Kalzeinlösung und 2 ml einer 3-normalen NaOH-Lösung hinzu.

Dann titriert man mit einer Lösung von Complexon III/50 von grünlich-gelb bis zu einem bleichen braun. Der Verbrauch von Complexon III/50 mal 8 ergibt den Gehalt an Ca in mg/l Wasser.

7. Magnesiumhärte: Die Magnesiumhärte ergibt sich aus einfacher Subtraktion der Ca-Härte von der Totalhärte.

8. Nitrite: nach Rieder und Mellon (Hutchinson, 1957)

9. Nitrate: nach Strickland und Parsons, (Hutchinson, 1957)
Die Methode basiert darauf, daß die Nitrate durch eine Cadmium-Amalgam-Reduktionssäule geschickt werden und zu Nitriten reduziert werden durch die Wasserstoff-Ionen des Cadmium-Amalgams. Danach wird verfahren wie bei der Bestimmung von Nitriten.

10. Phosphate: Methode von Deniges (Golterman, 1969)

11. Silikate: Methode von Diénert und Wandenbulcke (Hutchinson, 1957)

12. Sulfate: Methode nach Golterman (1969)

13. Chloridgehalt: Volumetrische Methode mit gemischtem Indikator (Golterman, 1969)

Die Methode basiert darauf, daß die Chloride mit $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ bei einem pH von 3,1 (Bromphenolblau) titriert werden. Es bildet sich HgCl_2 , das leicht in Licht dissoziiert. Das Ende der Titration wird erreicht durch einen Überschuß an Hg^{++} mit Violettfärbung der Lösung.

Die Produktivität wurde mit der Sauerstoff-Methode (Gran-Methode) bestimmt.

Die meteorologischen Daten stammen von der Station in Sauce.

2.2.1. Hydrologische und physikalische Daten

2.2.1.1. Wassertemperatur

Die mittleren Wassertemperaturen liegen zwischen $26,0^{\circ}\text{C}$ im Dezember und $29,2^{\circ}\text{C}$ im August (Oberflächentemperatur). Die Extremwerte schwanken zwischen $25,0^{\circ}\text{C}$ und $30,0^{\circ}\text{C}$. Es lassen sich von den Temperaturen her keine klar unterscheidbaren Jahreszeiten feststellen.

Um einen Vergleich der Wassertemperaturen, die im Verlauf des Tages um einige Grad schwanken (je nach Jahreszeit um $3 - 5^{\circ}\text{C}$), durchführen zu können,

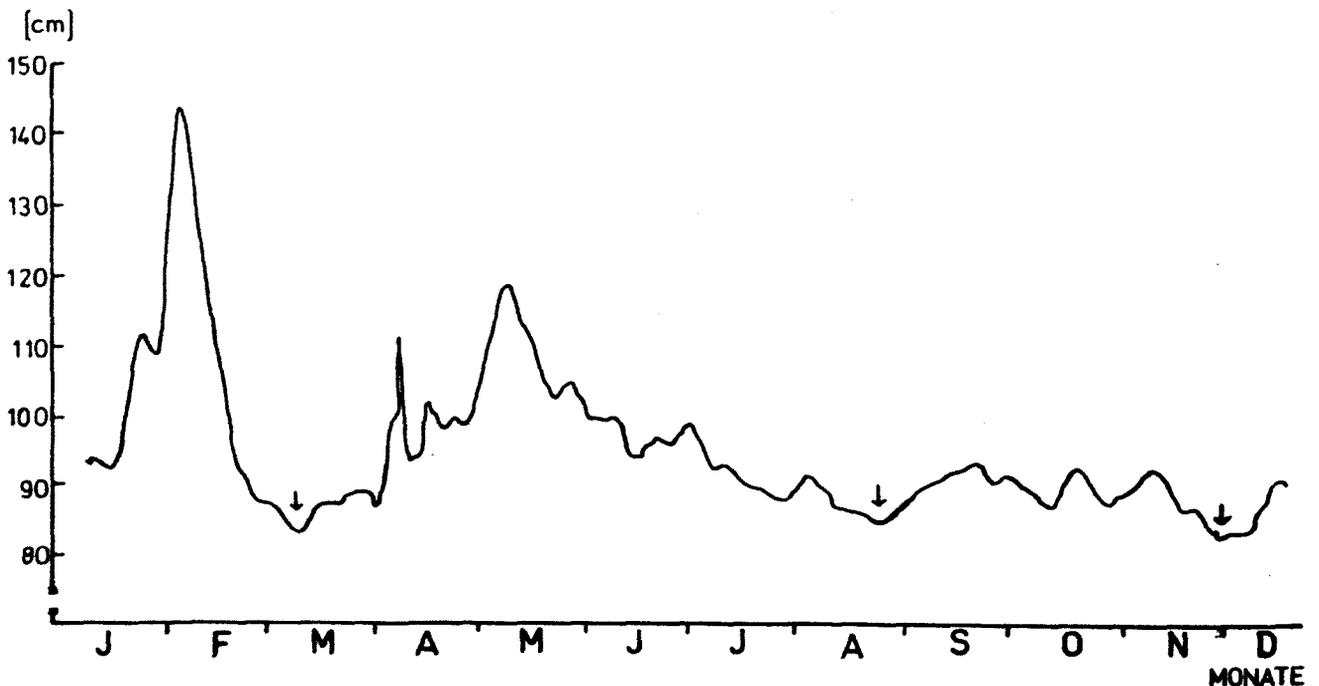


Abb. 2 : Wasserniveau (geglättete Werte)
Pfeile bezeichnen erhöhte Laichaktivität

nehmen wird die Messungen von 10.00 Uhr. Sie schwanken zwischen $25,6^{\circ}\text{C}$ und $30,0^{\circ}\text{C}$ in den verschiedenen Monaten (Abb. 3). Man kann keine klaren Temperaturunterschiede zwischen einer Regenzeit und einer Trockenzeit ausmachen. Die mittleren Lufttemperaturen folgen im allgemeinen dem Verlauf der Wassertemperaturkurve. (Abb. 3). In der regenärmeren Zeit ist die Temperatur allerdings niedriger.

2.2.1.1.1. Schichtung

Die Dichteänderung von Süßwasser nimmt bei steigender Temperatur stark zu. Zwischen 29 und 30°C beträgt die Dichtedifferenz $0,000298$ gegenüber $0,000081$ zwischen 9 und 10°C , also das dreieinhalbfache. Darauf beruht die Stabilität thermisch geschichteter Tropenseen (Schwoerbel, 1974). Es ist kein typisches Metalimnion ausgebildet, wie es in den gemäßigten Breiten auftritt. Die Schichtungen im Lago Sauce können deshalb als ziemlich stabil angesehen werden. Die Dichteunterschiede genügen, damit der See vertikal stabil bleibt, obwohl die Temperatur nur um $2 - 3^{\circ}\text{C}$ differiert.

Erst ein Kälteeinbruch im Juni des Jahres führte zu einer Vermischung des Wassers (oligomiktischer Seentyp). In den Monaten Juli und August, nach der Vermischung, ist der Wasserkörper unterhalb von 2 m Tiefe annähernd homotherm. Nur die Oberfläche ist durch die direkte Sonneneinwirkung schon wieder aufgeheizt.

Im September ist im gesamten See keine ausgeprägte Schichtung festzustellen. An der Station 1 beträgt die Temperatur bis in 10 m Tiefe konstant 25°C . Aber das Wasser bis in 10 m Tiefe ist nicht wie sonst üblich sauerstoffarm, sondern hat noch $7,18\text{ ml O}_2$ pro l, das heißt, es ist kein sauerstoffarmes Tiefenwasser nach oben gekommen.

In den regenreicheren Monaten erwärmt sich das Wasser bis in tiefere Regionen. In den Perioden ohne Regen (Anfang März, August und Ende November) erhöht sich die Temperatur und gleichzeitig ist eine erhöhte Laichaktivität festzustellen (s.a. Kap. 3.6.4.).

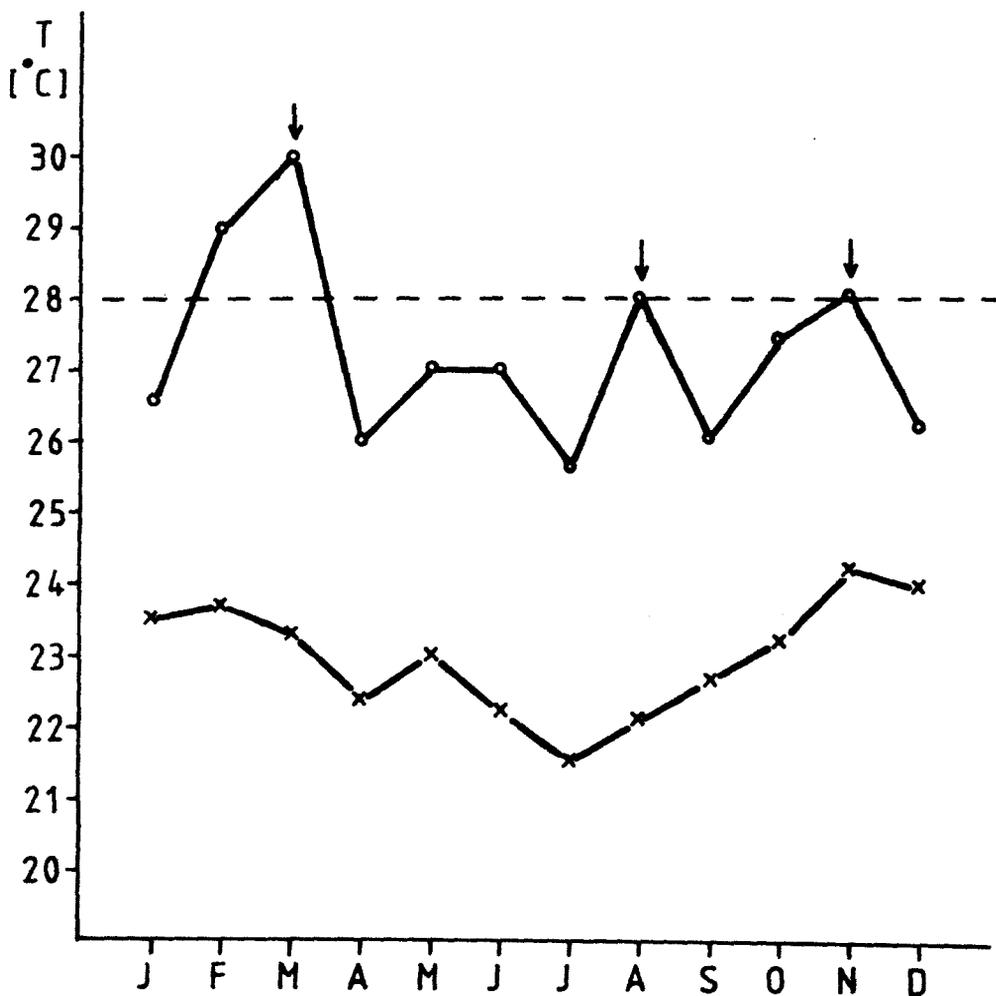


Abb. 3: Oberflächen-Temperatur (10.00 Uhr)
Pfeile bezeichnen erhöhte Laichaktivität
○—○ Wassertemperatur
x—x mittlere Lufttemperatur (Stat. Sauce)

2.2.1.1.2. Durchmischung des Sees

Auslöser für die Durchmischung im Juni des Jahres war ein brusker Temperatursturz. Man maß Wassertemperaturen von weniger als 20° C. Gleichzeitig bemerkte man eine starke Algenblüte und einen Gestank nach Schwefelwasserstoff. Eine große Menge Tilapia wurde tot an der Wasseroberfläche treibend gefunden und von den Dorfbewohnern gesammelt. Dieses Phenomen dauerte einige Tage. Peñaherrera et al. (1967) macht auch auf dieses in den Monaten Juni oder Juli im Lago Sauce immer wiederkehrende Geschehen aufmerksam. Tait (1967) beschreibt Massensterben bei Tilapia melanopleura (= rendalli) in einer Lagune am Nampongwe-Fluß in Afrika, das von einem Umkippen der Schichtung infolge kalter Lufttemperaturen und nachfolgendem Sauerstoffdefizit herrührte.

In Lateinamerika treten solche Kaltfronten auch in Brasilien auf (Brinkmann et al. 1971). Sie bewegen sich mit starken Winden von Süden nach Norden und bewirken, daß die Lufttemperaturen um 10 - 15° C fallen. Die Kälteeinbrüche passieren während der Trockenzeit.

Im Lago Sauce wurde beobachtet, daß die am Ufer angetriebenen toten Fische vielfach die größeren des Gesamtbestandes waren. Ricardo B. (1942) beschreibt dies für den Huleh-See in Palästina, wo nach einem Temperatursturz hauptsächlich die größeren Tilapia tot gesichtet wurden. Entweder sind die größeren Tilapia also anfälliger für Sauerstoffmangel oder am Ufer des Sees, wo sich normalerweise die kleineren Tilapia aufhalten, sind die Katastrophen weniger spürbar. Fryer und Iles (1972) erwähnen, daß kleine Tilapia bei niedrigem Sauerstoffgehalt noch leben können, während größere Fische sterben.

2.2.1.2. Transparenz, Wasserzufluß, Wasserabfluß

Die Secchi-Tiefe des Sees schwankt zwischen 80 und 180 cm (Abb. 4). Die Trübe wird hauptsächlich durch allochthones, insbesondere anorganisches Material hervorgerufen, das durch die Zuflüsse eingeschwemmt wird. Wasserzufluß und -abfluß werden in Tabelle 2A dargestellt.

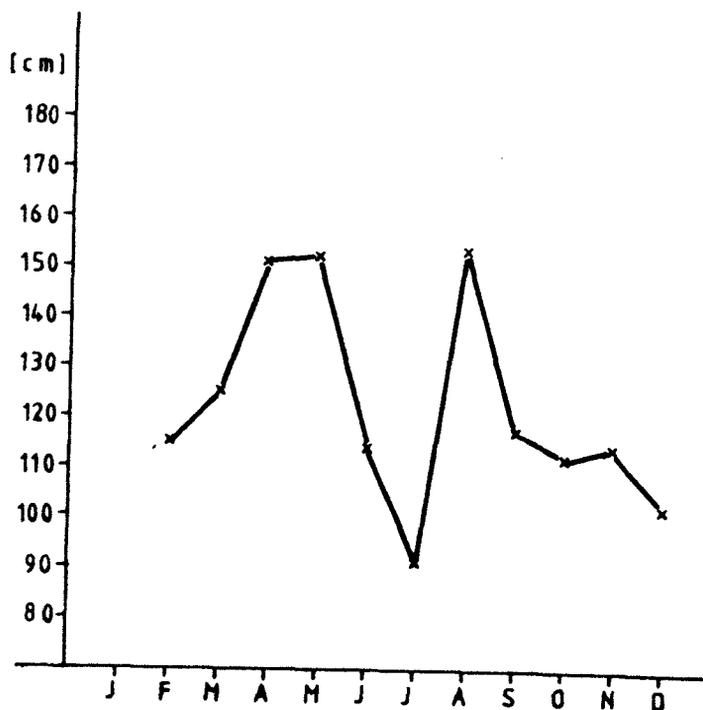


Abb. 4 : Secchi-Tiefe (Durchschnitt der 7 Stationen)

2.2.2. Chemische Daten

Die chemischen Daten, außer Sauerstoff, fehlen in einigen Monaten aus verschiedenen Gründen, z.B. Fehlen von Reagenzien. Deshalb ist ein eventueller typischer Verlauf mit den zwei Jahreszeiten (Regen- und Trockenzeit) nicht überall festzustellen. Es

liegen auch keine vergleichbaren Daten ähnlicher Seen in diesem Gebiet vor. Es wird daher späteren Arbeiten in dieser Gegend vorbehalten sein, Vergleiche zu ziehen. Die einzigen vergleichbaren Daten sind die benachbarter Flüsse nördlich des Rio Huallaga, die im gleichen Jahr mit den gleichen Methoden untersucht wurden. (Fukushima, 1977). Arbeiten aus dem unteren Amazonasgebiet (selva baja) können nicht als Vergleich dienen. Alle Ergebnisse, außer dem Sauerstoff, werden hier nur in Tabellen aufgeführt.

2.2.2.1. Sauerstoff

Die Sauerstoffbestimmung fand von Januar bis August nur an der Oberfläche statt; von September bis Dezember in den Tiefen 0 m, 5 m und 10 m. Die Werte an der Oberfläche bewegten sich im allgemeinen zwischen 6,7 (Mai) und 10,8 (März) mg/l. Nur im Juni, dem Monat, in dem der See sich durchmischte, war der Sauerstoff bei 4,0-4,6 mg/l. Sauerstoffarmes Tiefenwasser, der Lago Sauce ist meist in 10 m schon ohne Sauerstoff, war aufgestiegen, da infolge Temperaturabfalls keine Schichtung mehr im See vorhanden war. (Tab. 3 A)

Unter Berücksichtigung der Temperatur und des Drucks (in 600 m Höhe) wurde der Sauerstoffsättigungswert in Prozent berechnet. (Tab. 4 A)

Die vertikalen Sauerstoffschichtungen können für Seen in gemäßigten Klimaten Aufschluß über ihren Stoffwechselcharakter geben. In tropischen Seen, deren hypolimnische Temperaturen über 20° C liegen, ist der Sauerstoff im Hypolimnion wegen der Intensität aller organischen Prozesse immer aufgezehrt. Deshalb ist seine Vertikalverteilung als Indikator für Produktion und Stoffumsatz ungeeignet (Schwoerbel, 1974).

2.2.3. Meteorologische Daten

Von der meteorologischen Station in Sauce stammen die in Tabelle 2 enthaltenen Daten über die extremen Lufttemperaturen, mittlere Lufttemperaturen, die relative Luftfeuchtigkeit, Dampfdruck (mb) und Verdunstung. Man kann verfolgen, daß die Temperaturen in der trockneren Jahreszeit etwas absinken (s.a. Abb. 3). Die relative Luftfeuchtigkeit liegt in den ersten 6 Monaten des Jahres 1976 um 92%, weitere Daten sind nicht vorhanden. Der Dampfdruck schwankt zwischen 24,8 und 27,1 mb; die Verdunstung zwischen 0,8 und 1,5 mm.

Die Niederschlagsmengen, die in der Tabelle nicht erscheinen, da sie offensichtlich nicht vollständig erfaßt sind, erreichen Höchstwerte von 47,7 mm pro Tag (April). Romero (ohne Jahreszahl) gibt für die peruanische Selva einen Mittelwert von 2.000 mm Niederschlag pro Jahr an. Die Gegend von Sauce dürfte aber geringere Niederschläge aufweisen, da sie noch zur gebirgigen Selva gehört. Dafür sprechen auch die für Tarapoto, das etwa 30 km Luftlinie vom Lago Sauce entfernt liegt, angegebenen Niederschlagswerte, die im Mittel von 1950 - 1967 1240 mm betragen (Maas, 1969).

Da aber gerade in tropischen Gebieten die Niederschlagsmenge kleinräumig sehr schwanken kann, wurden für diese Arbeit die Daten des Wasserniveaus, das täglich gemessen wurde, als Indiz für die Niederschläge benutzt.

Tabelle 2:
Daten der meteorologischen Station Sauce (1976)

Monat	Mittlere Extremtemperaturen	Mittlere Temperatur	Relative Luft- feuchtigkeit	Dampfdruck (mb)	Verdunstung (mm)	
Januar	29,6	17,0	23,5	92	26,9	1,2
Februar	29,8	17,2	23,7	91	27,1	1,4
März	29,7	17,1	23,3	92	26,6	1,0
April	30,2	-	22,4	91	24,8	0,8
Mai	29,6	-	23,0	93	26,7	1,1
Juni	29,4	-	22,2	93	25,1	0,9
Juli	28,4	-	21,5	-	-	1,2
August	28,4	-	22,1	-	-	0,6
September	29,3	16,7	22,7	-	-	1,3
Oktober	29,0	17,3	23,2	-	-	1,3
November	29,7	17,6	24,2	-	-	1,2
Dezember	29,5	19,4	24,0	-	-	1,5

3. Ökologische Untersuchungen von Tilapia rendalli im Lago Sauce

3.1. Einleitung

3.1.1. Systematische Stellung

Nach Thys van den Audenaarde (1968) ist die untersuchte Art Tilapia rendalli (Boulenger 1896). Als Synonym gilt Tilapia melanopleura (Dum.1959), welches wiederum als Synonym für Tilapia zillii benutzt wurde.

3.1.2. Herkunft

Tilapia rendalli kommt ursprünglich aus Westafrika (Senegal bis Angola) (Chimits 1955, Daget 1954). Nach Lateinamerika kamen sie 1952 aus dem damaligen Belgisch-Kongo über Brasilien (FAO 1977).

1968 wurden im Lago Sauce 1040 Jungfische im Alter von 3 Monaten eingesetzt. Sie sollten als Beute für den zwischen 1962 und 1968 mit 1516 Exemplaren eingesetzten Arapaima gigas (paiche) dienen, da augenscheinlich die eingeführten Poecilia reticulata (Guppis) (13.000 Exemplare) den Bedürfnissen des "paiche" nicht entsprachen.

Die Tilapia paßten sich sehr gut an die Lebensbedingungen im Lago Sauce an, erreichten gute Längen und wurden von den Bewohnern des Dorfes Sauce mit Wurfnetz und Angel gefangen und zum Teil in der Provinzhauptstadt Tarapoto verkauft. Nach einigen Jahren wurden Klagen darüber laut, daß die Tilapia nicht mehr die frühere Größe erreichten.

3.2. Material und Methoden

Während der Dauer des Projekts wurden auch vom Ufer aus Verhaltensbeobachtungen gemacht zur Schwarmbildung, Laich- und Freßverhalten. Um die Nahrungsaufnahme zu untersuchen, wurden in verschiedenen Monaten 24-Stunden-Fischereien durchgeführt und die Magen- und Darmtrakte von je 50 Exemplaren der Stationen 1,2, und 6 monatlich gesammelt. Der Füllungsgrad wurde nach der folgenden Bewertung bestimmt:

1. Grad - der Magen-Darmtrakt ist ohne Inhalt
2. Grad - der Magen-Darmtrakt hat wenig Inhalt
3. Grad - der Magen-Darmtrakt hat eine mittelmäßige Füllung

4. Grad - der Magen-Darmtrakt ist gut gefüllt
5. Grad - der Magen-Darmtrakt ist bis zu den Grenzen gefüllt

Danach wurden die Mägen in 5% Formol verwahrt, um später gewogen zu werden. Gleichzeitig mit der Magenentnahme bestimmte man den Grad der Fetteinlagerung nach der folgenden Skala:

- Grad I - kein Fett auf den inneren Organen
- Grad II - etwas Fett auf den inneren Organen
- Grad III - große Mengen Fett auf den inneren Organen
- Grad IV - die inneren Organe sind komplett mit Fett bedeckt

Das Geschlecht wurde durch direkte Beobachtung der Gonaden bestimmt, da es bei Tilapia rendalli im Gegensatz zu anderen Arten keine äußeren Geschlechtsmerkmale gibt.

Der Reifegrad wurde durch die folgende Tabelle festgelegt. Sie ist von einigen Mitarbeitern vorbereitet worden und eine Modifikation der von Bückmann (1929).

- Stadium 0 : Die Gonaden liegen am dorsalen Bauchfell an. Männliche und weibliche Gonaden transparent und schlank.
- Stadium I : Gonaden vergrößert. Ovarien sind weißlich-gelb und opak; man erkennt keine Eier. Testikel fadenähnlich schlank und weißlich.
- Stadium II : Ovarien gelblich; man bemerkt schon kleine weibliche Eier, aber mit Schwierigkeit. Ovarien noch nicht dick, beginnen gerade ihr Volumen zu vergrößern. Testikel weiß, länglich mit einem dreieckigen Querschnitt.
- Stadium III : Ovarien gelblich-orange, Eier von gelblicher Farbe sichtbar. Von diesem Stadium an kann man erkennen, daß die rechte Gonade sowohl bei Weibchen als auch bei Männchen größer ist als die linke. Testikel weiß-rosa mit deutlicher Dreiecksform im Querschnitt.

- Stadium IV : Ovarien groß, wenig durchsichtig und mit Blutgefäßen, grün-grau
Testikel angeschwollen, länglich, glatt und cremig, mit Blutgefäßen
- Stadium V : Ovarien entwickelt, gelblich-grau, Eier leicht zu sehen mit Blutgefäßen; treten nicht aus bei Druck.
Testikel entwickelt, Farbe gelb bis cremig; auf Druck keine Exkretion.
- Stadium VI : Ovarien gut entwickelt mit dunkelgrauen Eiern, treten auf Druck leicht aus.
Testikel groß, Samen leicht auszudrücken in Form einer gelblichen Paste. Der hintere Teil nahe der Geschlechtsöffnung stark durchblutet.
- Stadium VII : Gonaden flach und bluthaltig; haben das Aussehen von leeren Säcken, das Ovarium hat nach der Ovulation viele Blutklümpchen und man findet einige Eier.

Bei allen inneren und äußeren Untersuchungen wurde auf Parasiten geachtet.

3.3. Natürliche Feinde und Konkurrenten

Wie schon erwähnt, sind die Tilapia rendalli hauptsächlich zu dem Zweck in den See eingesetzt worden, um dem ebenfalls eingesetzten Arapaima gigas (paiche) als Nahrung zu dienen.

Außerdem wurden zur Bereicherung der einheimischen Fauna noch folgende Guppy-Arten eingeführt:

Astronotus ocellatus "Acarahuazú"

Cichla ocellaris "Tucunaré"

Poecilia reticulata "Guppi"

Die Guppis akklimatisierten sich schnell und sind massenhaft vertreten. Die Cichliden Cichla ocellaris und Astronotus ocellatus aus dem Amazonasgebiet haben sich bei weitem nicht so schnell vermehrt wie Tilapia rendalli. Sie spielen fast keine Rolle in der Ichthyobiomasse des Sees.

Schon vorhandene Arten im Lago Sauce waren:

Astyanax bimaculatus (Characidae) "Mojarra"
Rhamdia sebae (Callichthyidae) "Shiruy"
Aequidens vittatus (Cichlidae) "Bufurqui"
Callichthys callichthys (Callichthyidae) "bagre"
Prochilodus sp. (Characidae) "Boquichico"
Hypostomus plecostomus (Loricaridae) "Carachama"

Diese Arten sind zumindest für erwachsene Tilapia nicht gefährlich, so daß von Seiten der Fische her nur die "paiche" als Feinde in Betracht kommen. In Magenuntersuchungen am "paiche" im Lago Sauce (Tresierra, 1976) wurden 50,8% Fische (Biomasse) gefunden; darunter hatte Tilapia den Hauptanteil. Der Rest waren:

grünliche Substanz (21,1%)
Vegetationsreste und Steinchen (17,4%)
Crustaceen (7,3%)
Gastropoden (3,3%)

Eine Reihe von Vögeln ernährt sich von Fischen aus dem Lago Sauce:

Phalacrocorax b. brasiliarium "Cushury"
Butorides s.stratus "garza plumiza"
Pilherodius pileatus "garza blanca"
Gallinula chloropus "sachapato"
Megaceryle torquata stillata "Martin pescador"
Chloroceryle a. amazona "Martin pescador"
Sterna albifrons "gaviota"

Von jeder dieser Arten gibt es aber nur einzelne Exemplare; sie haben daher keinen großen Einfluß auf die Gesamtfischmasse.

Eine Raumkonkurrenz besteht zwischen "paiche" und Tilapia, da beide Platz für den Nestbau benötigen.

Beauchamp (1958) stellte fest, daß im Viktoria-See ein Mangel an geeignetem Substrat verhindert, daß die Zahl der Tilapia noch ansteigt.

Eine Nahrungskonkurrenz der Tilapia mit anderen Fischarten ist wahrscheinlich; leider sind aber kaum Mageninhaltsuntersuchungen an den betreffenden Arten ("Mojarra" und "Bufurqui") gemacht worden.

3.4. Verhaltensstudien

Es ist wichtig, zu wissen, ob die gesamte Tilapia-Population als uniform angesehen werden kann, oder ob es getrennte Bestände oder auch Schwarmbildungen gibt. Zur Lösung dieses Problems können einige Ergebnisse des Markierungsexperiments herbeigezogen werden. Ebenso ist es zur Biomassenbestimmung notwendig zu wissen, ob Tilapia rendalli im ganzen See oder nur an den Ufern oder in bestimmten Zonen verbreitet ist. Die Echolotung half zur Lösung dieses Problems.

3.4.1. Verteilung und lokale Standortveränderungen

Vom Ufer des Lago Sauce sieht man eine große Anzahl von Tilapia mit bloßem Auge, gemischt mit Jungfischen. Diese bleiben in verschiedenen Schwärmen, die von jeweils einer Brut stammen, zusammen. Wie aber die Echolotung im Oktober des Jahres zeigt, sind die Tilapia über den ganzen See fast gleichmäßig verteilt, mit einer höheren Konzentration an den Ufern und über dem Sockel zwischen engem und weitem Teil des Sees. Die Tilapia findet man bis in etwa 10 m Tiefe, also der Zone, wo normalerweise kein Sauerstoff mehr gelöst ist.

Aus den Markierungsexperimenten geht hervor, daß einzelne Individuen in benachbarte oder sogar kilometerweit entfernte Buchten, sogar gegen den Strom, schwimmen. So wurde an der Station V Tilapia von Station II und IV gefunden. An der Station IV fand man ein Individuum, das von der Station V stammte. Zwischen der Station II und V liegen in direkter Linie fast 2 km (s.a.Abb.1). Die Wiederfänge waren schon 5 Tage nach der Markierung, was auf schnelle Verteilung schließen läßt. Gründe dafür sind nicht erkennbar.

Offensichtlich macht Tilapia rendalli im Lago Sauce Laichwanderungen. So ist sehr deutlich festzustellen, daß in den Monaten mit erhöhter Anzahl an laichreifen und gerade abgelaichten Tilapia der Anteil der Weibchen erhöht ist im Vergleich zu den Männchen (Tab.3). Die laichreifen Tilapia-Männchen haben also eine größere Auswahl an laichreifen Weibchen.

Gleichzeitig ist in den Monaten der intensivsten Reproduktion (März, August, November) auch das mittlere Gewicht der Tilapia größer als normal (Tab. 16).

Tabelle 3: Prozentualer Anteil von männlichen und weiblichen Tilapia rendalli pro Monat im Uferbereich

Monat	% Männchen	% Weibchen
Januar	46,34	53,66
Februar	41,35	58,65
März	34,56	65,44 ←
April	39,34	60,66
Mai	42,47	57,53
Juni	44,74	55,26
Juli	52,29	47,71
August	38,77	61,23 ←
September	41,72	58,28
Oktober	38,52	61,48
November	47,04	52,96 (←)
Dezember	40,44	59,56
Total	42,38	57,62

Dies ist auf besonders große Männchen zurückzuführen (Tab. 5), die aus dem Zentrum des Sees an die Ufer kommen.

Tabelle 5: Mittlere Länge von Tilapia rendalli pro Monat

Monat	Männchen cm	Weibchen cm	Längendifferenz (♂- ♀) cm
Januar	12,16	11,41	0,75
Februar	12,16	11,29	0,87
März	12,40	10,37	1,67
April	11,30	10,84	0,46
Mai	10,18	9,63	0,55
Juni	11,37	10,78	0,59
Juli	11,47	11,46	0,01
August	13,94	12,58	1,36
September	11,68	11,29	0,39
Oktober	11,46	10,92	0,54
November	14,24	12,74	1,50
Dezember	14,08	12,92	1,16

Die Längendifferenz zwischen Männchen und Weibchen ist deshalb auch viel auffallender in diesen Monaten. Sie beträgt etwa 1 cm mehr als normal. Auf diese Probleme wird später noch eingegangen (Kap. 4.5.2.). Hier soll nur gezeigt werden, daß die Verteilung der Tilapia saisonbedingt ist und ganz deutlich auf das Laichverhalten zurückgeführt werden kann.

Iles (1971) beschreibt eine Wanderung von Cichliden (Haplochromis sp.) vor der Laichzeit im Nyasa-See. Ebenfalls bei den dort vorhandenen Tilapia-Arten (T. squamipinnis-Komplex) finden Laichwanderungen statt (Lowe 1959). Aber auch Futterknappheit kann ein Grund für Wanderungen sein, wobei einige Arten allerdings auch auf Bodenfutter ausweichen.

3.4.2. Schwarmbildung

Neben den vom Ufer sichtbaren Schwärmen von Jungfischen konnten keine größeren Schwärme adulter Tilapia ausgemacht werden. Man kann nur von Konzentrationen sprechen, die z.B. an der Einmündung des Hauptzuflusses Rio Pucayacu und über dem Sockel zwischen engem und weitem Becken festzustellen sind. Das kann eventuell auf das Nahrungsangebot zurückzuführen sein, das an diesen Stellen konzentrierter ist (s.a. Kap. 3.6.4.).

In der Literatur sind Schwarmbildungen bei Tilapia squamipinnis im Nyasa-See beschrieben (Iles 1971). Diese Schwärme können sogar mit Ringnetzen gefangen werden, anstelle der sonst üblichen Kiemennetze. Capart (1955) zeigte mit Echolotung, daß im Kivu-See Tilapia nilotica regani tagsüber in Schwärmen lebt, die sich bei der Abenddämmerung auflösen und im Morgenrauen wieder formieren. Die Schwärme waren gemischt, Männchen und Weibchen, und brütende und nicht brütende (Maulbrüter) zusammen im gleichen Schwarm (Lowe 1958). Lowe schließt aus ihren Beobachtungen, daß die Tilapia sich je nach den ökologischen Bedingungen im Gewässer verteilen. In Seen mit trübem Wasser (durch blau-grüne Algen) sind die Tilapia nilotica ziemlich gleichmäßig verteilt, wie auch Tilapia rendalli im Lago Sauce. In Seen mit klarem Wasser und größeren Ansammlungen von Wasserpflanzen sind sie in Schwärmen zwischen den Pflanzen zu sehen.

3.4.3. Laichverhalten

Es gibt zwei charakteristische ethologische Typen bei den Cichliden, die Substratbrüter und die Maulbrüter. In der Gattung Tilapia kommen beide vor. Tilapia rendalli gehört zu den Substratbrütern. Johnson (1959) beschreibt das Laichverhalten von Tilapia rendalli in Mauritius.

Folgende Beobachtungen sind im Lago Sauce gemacht worden:

I. Der Laichvorgang beginnt mit der Verteidigung des Territoriums. Geschlechtsreife Männchen kommen zuerst in die Reproduktionszonen in Ufernähe und jedes Männchen besetzt ein Gebiet von $0,8 - 1,0 \text{ m}^2$. Dieses wird gegen eindringende Männchen verteidigt und die ganze Zeit sieht man sichtbar nervöse und aggressive Männchen an den Grenzen ihres Reviers umherschwimmen.

II. Wenn sich ein Weibchen dem Territorium nähert, bleibt das Männchen zuerst unbeweglich und dann treten beide in Kontakt, indem sie die Seiten ihres Körpers aneinanderlegen; dann schwimmen sie zusammen ein Stückchen, manchmal um das Laichterritorium herum. Häufig geschieht es, daß während des gemeinsamen Schwimmens das Männchen beginnt, das Weibchen zu stoßen und beißen und dieses schnell wegschwimmt. Das passiert mit mehreren Weibchen bis anscheinend ein passendes gefunden ist und beide, nachdem sie das Territorium umschwommen haben, beginnen schnell mit der Konstruktion der Nester.

III. Der Nesterbau erfolgt bis maximal 15 m vom Ufer entfernt, in Tiefen zwischen 15 cm bis 1 m. Der Boden ist hauptsächlich sandig-lehmig oder sandig-schlammig. Das Paar beginnt damit, eine runde Fläche von etwa 60 bis 70 cm Durchmesser auszugraben, 10 bis 20 cm tief. Das ganze sieht aus wie ein Krater. Ruwet(1962) gibt 80-100 cm für den Durchmesser des kraterähnlichen Gebildes an. Sobald dieser Vorgang beendet ist, werden die einzelnen Löcher für das Ablachen konstruiert, normalerweise zwischen 8 und 14, das heißt, die Löcher liegen etwa 10 cm auseinander. Johnson (1959) erwähnt 5 bis 10 Löcher pro Paar; Ruwet(1962) etwa 10 Löcher.

Im Lago Sauce wurden im August im Gebiet zwischen der Station V und dem Rio Pucayacu 333 Nester gezählt.

Die Löcher innerhalb des Nestterritoriums liegen an den Rändern desselben. Manchmal arbeiten Männchen und Weibchen zusammen an einem Loch, manchmal jeder getrennt an verschiedenen Löchern. Dabei wird mit dem Maul die Erde aufgenommen. Dieses "Graben" wird von heftigen Körperbewegungen unterstützt. Die überflüssige Erde wird außerhalb des Laichkreises ausgespuckt. Einige Löcher sind kaum sichtbar und nur einige Löcher sind gut ausgearbeitet. An Uferbereichen mit kleinen lehmigen Steiluferwänden bauen die Tilapia auch Nester in 15-20 cm Tiefe in den Uferwänden. Auch in diesem Fall beteiligen sich beide Geschlechter an der Konstruktion. Es werden allerdings nur etwa 4 Löcher gebaut, die eng zusammen liegen.

Hier muß auf die Anpassungsfähigkeit der Tilapia hingewiesen werden, die jede Möglichkeit zum Nesterbau ausnützen und sogar auf Steilufer ausweichen. In der Literatur wurden keine Hinweise auf ähnliches Verhalten gefunden. Die Menge des zur Verfügung stehenden Platzes limitiert aber offensichtlich ein noch weiteres Ausbreiten der Population, da verglichen mit den Daten von Lowe (1958), wo 55 % der Population laichten, im Lago Sauce höchstens 11,7 % gleichzeitig laichen.

IV. Abläichen und Befruchtung finden wahrscheinlich schon nach der Konstruktion des ersten oder zweiten Loches statt, danach werden die anderen ausgehoben, um die Eier umzutransportieren und vor den Räubern zu schützen. Aber normalerweise befinden sich die Eier immer in einem Loch.

V. Bei den in Sauce brütenden Tilapia rendalli wechseln sich Männchen und Weibchen beim Laichhüten ab. Johnson (1959) hob hervor, daß nur Weibchen eine Schutzfunktion übernehmen. Im Lago Sauce bleibt einmal das Weibchen am Nest, um es zu befächeln, während das Männchen sich etwas entfernt und Eindringlinge vom Nestterritorium fernzuhalten sucht, dann wechselt die Rolle. Es ist möglich, daß die Wasserschnecke Ampullaria canaliculata Tilapiaeier frißt, denn man findet sie in größeren Mengen in deren Nestern und es wurde auch beobachtet, daß Weibchen oder Männchen die Schnecken mit dem Mund aufnehmen und außerhalb des Territoriums ausspuckten. Auch ein Kampf zur Verteidigung des Nestes zwischen einem Tilapia-Männchen und dem Krebs Pseudotelphusa sp. wurde beobachtet. Alle diese Aktivitäten werden im Ablauf von ungefähr 15 Tagen entwickelt. Die Inkubationszeit beträgt etwa 5-6 Tage (Meschkat, 1971). Danach verlassen die Adulten die Laichzone. Man findet jetzt Schwärme von kleinen Tilapia, die in der Uferzone schwimmen und offensichtlich nicht mehr von Adulten bewacht werden.

3.5. Nahrung

3.5.1. Nahrungszusammensetzung

Oft wird Tilapia rendalli in der Literatur als Phytophage beschrieben (Johnson, 1959); (Chimits, 1955); (Charpy, 1955); (Fish, 1955). Aber es wird auch mehrmals darauf hingewiesen, daß ein Teil seiner Nahrung aus Insektenlarven und Zooplankton besteht (Munro, 1967); (Charpy, 1955); (LeRoux, 1956). Eine Untersuchung von 283 Mageninhalten in den Monaten Juli bis Dezember 1974 im Lago Sauce (Fukushima, 1975) zeigte folgende Ergebnisse in Gewichtsprozent: Sand 50,5%, höhere Wasserpflanzen (Makrophyten) 24,6%, Phytoplankton 17,1 %,

Zooplankton 6,8%, filamentöse Algenreste 0,7%, Insektenlarven 0,2% und in sehr seltenen Fällen Guppy-schuppen (Abb. 5)

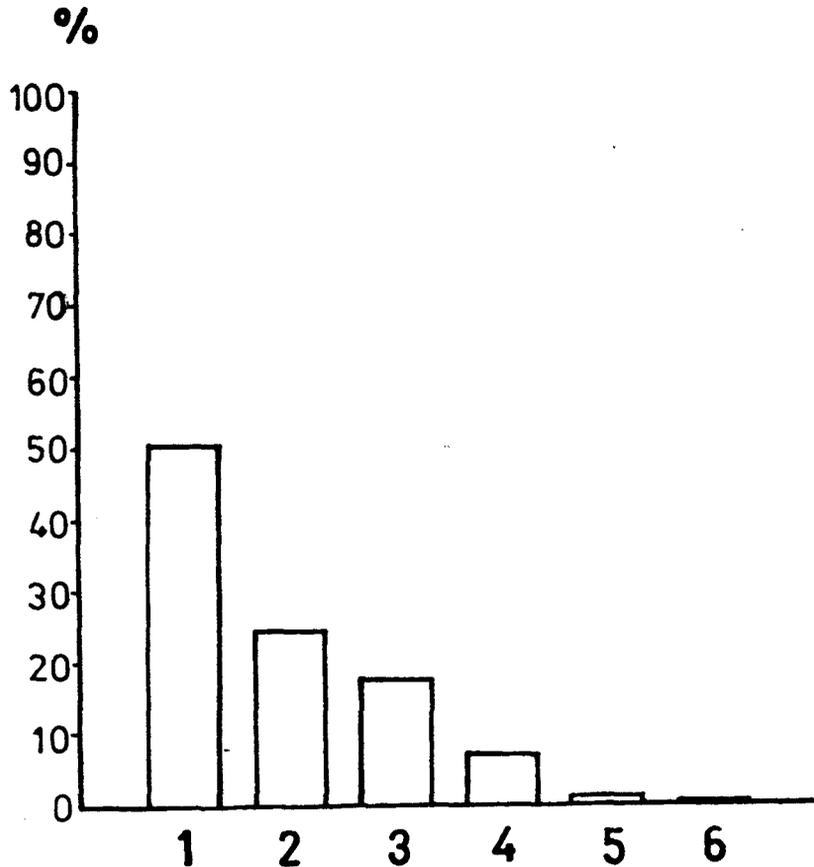


Abb. 5 : Prozentuale Häufigkeit der Nahrungs-Item von Tilapia rendalli (1=Sand, 2=Makrophyten, 3=Phytoplankton, 4=Zooplankton, 5=filam. Algenreste, 6=Insektenlarven)

Auffällig ist der hohe Anteil an Sand. Bei Tilapia guineensis (=T.melanopleura) in der Lagune von Lagos wurden nur 3% Sandkörner gefunden (Fagade 1971). In der restlichen über Tilapia rendalli vorhandenen Literatur wurde kein Sand in den Mägen erwähnt.

Man kann vermuten, da Tilapia rendalli sehr anpassungsfähig an fast jedes Habitat ist, daß sie den Aufwuchs vom Bodensubstrat verdauen und deshalb den Schlamm und Sand aufsaugen. Fagade (1971) beschreibt, daß Sandkörner, die an sich selbst keinen Nährwert haben, doch zur Ernährung beitragen können durch ihre Umhüllungen aus organischem Material. Er beobachtete, daß diese Umhüllungen nach dem Durchgang durch den Darm verschwunden waren.

Die Zusammensetzung des Aufwuchs im Lago Sauce wurde 1973/74 in der Nähe der Station II von Fukushima et al. (1975) bestimmt. Dazu wurden Objektträger in Korkschwimmer festgeklemmt, jeweils 4 in vertikaler und 4 in horizontaler Position. Es blieb pro Objektträger eine Fläche von 15 cm^2 für den Aufwuchs frei. Sie blieben jeweils einen Monat im Wasser in Tiefen von 0,05, 0,40, 0,75 und 1,05 m. Danach wurden die vertretenen Arten qualitativ und quantitativ bestimmt, indem 1 und 2 cm^2 große Proben von jeder Fläche genommen und in 4% Formol konserviert wurden.

Die Zusammensetzung des Aufwuchs war folgende:

- 65,8% planktonische Algen, die sich gelegentlich auf dem Substrat festsetzen
- 27,8% typische Epiphyten
- 6,4% filamentöse Algen mit anderen Algen durchmischt

Insgesamt sind 52 Arten vorhanden. Am häufigsten sind die Chrysophyceae, vor allem Diatomeen. Dann folgen Cyanophyceae, Chlorophyceae, Pyrrophyceae und selten vertreten sind die Euglenophyceae (nur im Juni und Oktober) (Abb. 6).

Das Maximum an Aufwuchsorganismen wurde im Juli erreicht mit $525.000 \text{ Individuen/cm}^2$ und das Minimum im Dezember mit $170.000 \text{ Individuen/cm}^2$. Zur Zählung

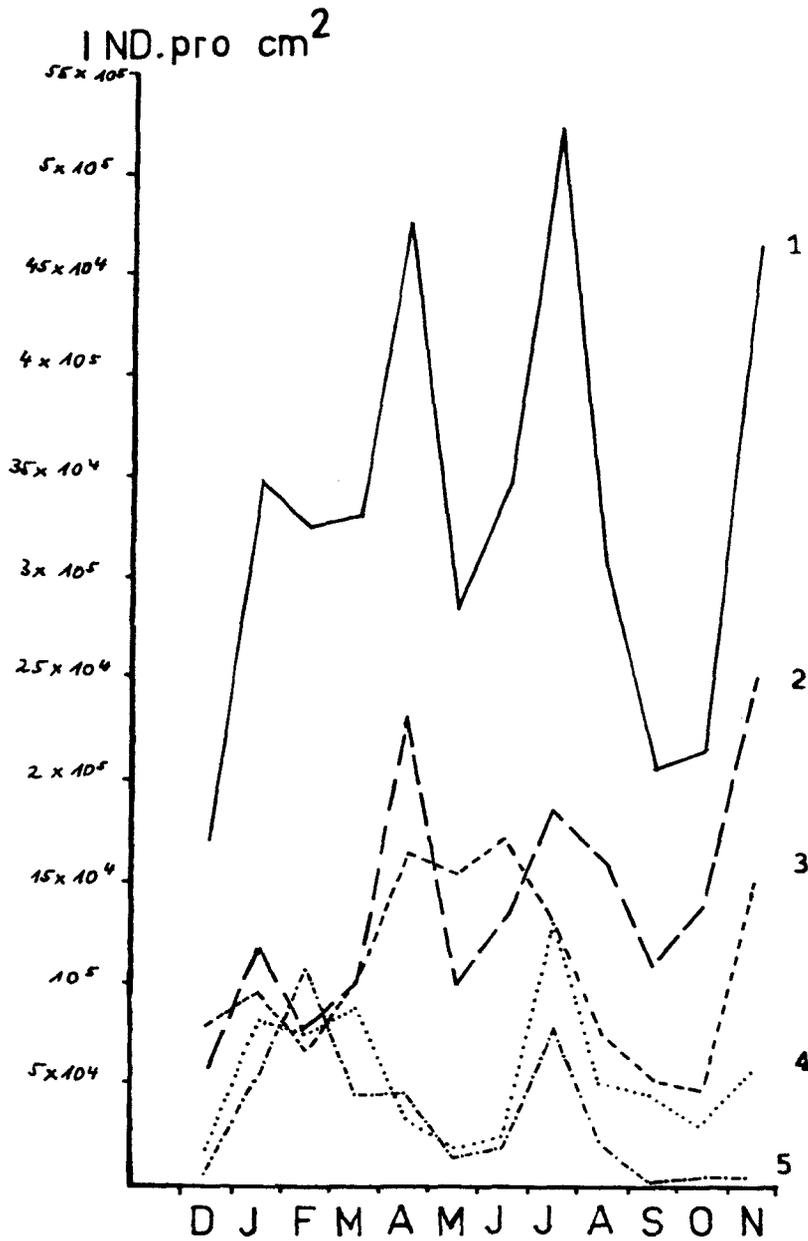


Abb. 6 : Häufigkeitsverteilung des Aufwuchs im Lago Sauce
1= Gesamtaufwuchs, 2= Chrysophyceae, 3= Cyano-
phyceae, 4= Chlorophyceae, 5= Pyrrophyceae
(nach Fukushima)

wurden die Formolproben auf 4 ml aufgefüllt, geschüttelt, eine Teilprobe mit der Pipette entnommen und in Zählkammern (nach Neubauer) ausgezählt. Dann wurde auf 1 cm² umgerechnet.

Vergleicht man nun den Aufwuchs mit dem Mageninhalt der Tilapia rendalli (Abb. 7), so stellt man fest, daß das Mikrophytobenthos im Mageninhalt fast die gleiche Häufigkeitsverteilung hat wie im Aufwuchs.

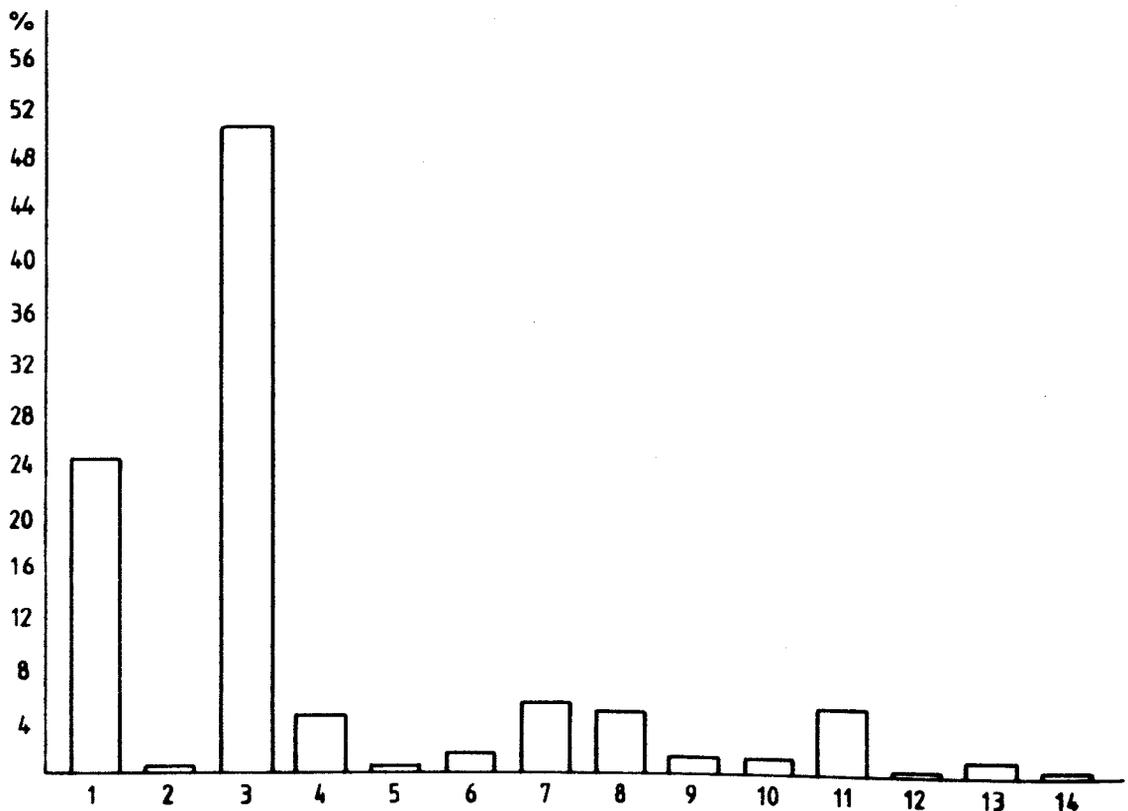


Abb. 7 : Prozentuale Häufigkeit der Nahrung von Tilapia rendalli

1=Makrophyten, 2=Algenreste, 3=Sand, 4= Cyanophyceae, 5=Euglenophyceae, 6=Pyrrhophyceae, 7=Chrysophyceae, 8=Chlorophyceae, 9=Rotifera, 10=Copepoda, 11=Ostracoda, 12=Cladocera, 13=Rotifereneier, 14=Insektenlarven
(nach Tresierra)

Sapindeceae: Sapindus saponaria "tingano" oder "choloque"

Malvaceae: Abutilon sp. "damagua"
Lantana sp. "shicshiguayo"
Malacra capitata "malva"

Bombaceae: Ochroma lagopus "topa"

Davon findet man in den Tilapiamägen:

Reussia

Cyperus

Heleocharis

Panicum

Paspalidium

? der Familie Polygonaceae

3.5.2. Nährwert der aufgenommenen Nahrung - Fettgehalt der Tilapia rendalli

Im Hinblick auf die Frage des Zwergwuchses der Tilapia rendalli im Lago Sauce ist es auch interessant, etwas über die Verdaulichkeit und Güte der aufgenommenen Nahrung zu erfahren.

Aus der Literatur ist bekannt, daß nicht alle aufgenommenen Nahrungsteile verdaut werden. Fish (1951) beschreibt, daß bei Tilapia esculenta im Victoria-See von den gefressenen Mikroalgen nur Diatomeen verdaut werden, blau-grüne und Grünalgen passieren den Darm unverdaut. Im Lago Sauce sind etwa ein Drittel (Anzahl) der Aufwuchsalgen Diatomeen. Aber im Gegensatz zu den Ergebnissen von Fish beschreibt Johnson (1959), daß bei Tilapia melanopleura (=rendalli) sogar ein Großteil der Diatomeen unverdaut ausgeschieden wird. Ebenso geschah es mit blau-grünen Algen und Chlorococcales wie Scenedesmus quadricauda, die auch von Tilapia rendalli im Lago Sauce gefressen werden. Johnson (1959) weist darauf hin, daß die Effektivität der Verdauung bei allen aufgenommenen Nahrungspartikeln gering erscheint.

Eine Bestimmung des Kaloriengehalts des Futters scheint daher nicht sinnvoll. Um eine Idee von der Güte der Nahrung zu haben, kann man die Fettgehalte an den Innereien der Tilapia hinzuziehen.

Mit ganz großer Mehrheit sind die Fettgrade II (etwas Fett) und III (große Menge Fett) vertreten (Tab.6).

Tabelle 6: Prozentuale Verteilung des Fettgehalts auf den inneren Organen Tilapia rendallis

Monat	Fettgrad			
	I	II	III	IV
Januar	14,7	33,7	50,0	1,6
Februar	1,7	40,1	52,4	5,8
März	-	39,8	50,9	9,3
April	-	59,1	32,9	8,0
Mai	-	77,4	21,5	1,1
Juni	-	67,0	19,6	13,4
Juli	-	73,1	26,3	0,6
August	0,85	61,7	36,6	0,85
September	-	86,6	13,4	-
Oktober	-	86,0	13,7	0,3
November	-	78,6	21,4	-
Dezember	-	94,6	5,4	-
Gesamtanzahl	46	2486	1090	137
	1,2%	66,1%	29,0%	3,7%

66,1 Prozent der Tilapia haben etwas Fett (Fettgrad II) und 29,0 Prozent haben eine große Menge Fett (Fettgrad III) auf den Eingeweiden. Im Januar, Februar und März gibt es absolut mehr Tilapia des Fettgrades III als II. Danach nimmt die Zahl der fettärmeren Fische (II) zu, wogegen die der fetteren Tilapia nahezu konstant abnimmt. (Abb. 8) Ein Ansteigen der Anzahl der Fische der Fettgruppe III ist jeweils in den Monaten mit verstärkter Laichtätigkeit festzustellen.

Einige fettlose (Fettgrad I) Tilapia treten nur im Januar und Februar auf. Die große Mehrzahl der Tilapia (98,8%) haben "etwas" bis "sehr viel" Fettgewebe zur Reserve und scheinen keinen Hunger zu leiden. Man kann also in diesem Fall nicht von Hungerformen sprechen, wie Trewavas (1933) (zit. nach Lowe, 1958), der diese in Kraterseen in Ostafrika fand.

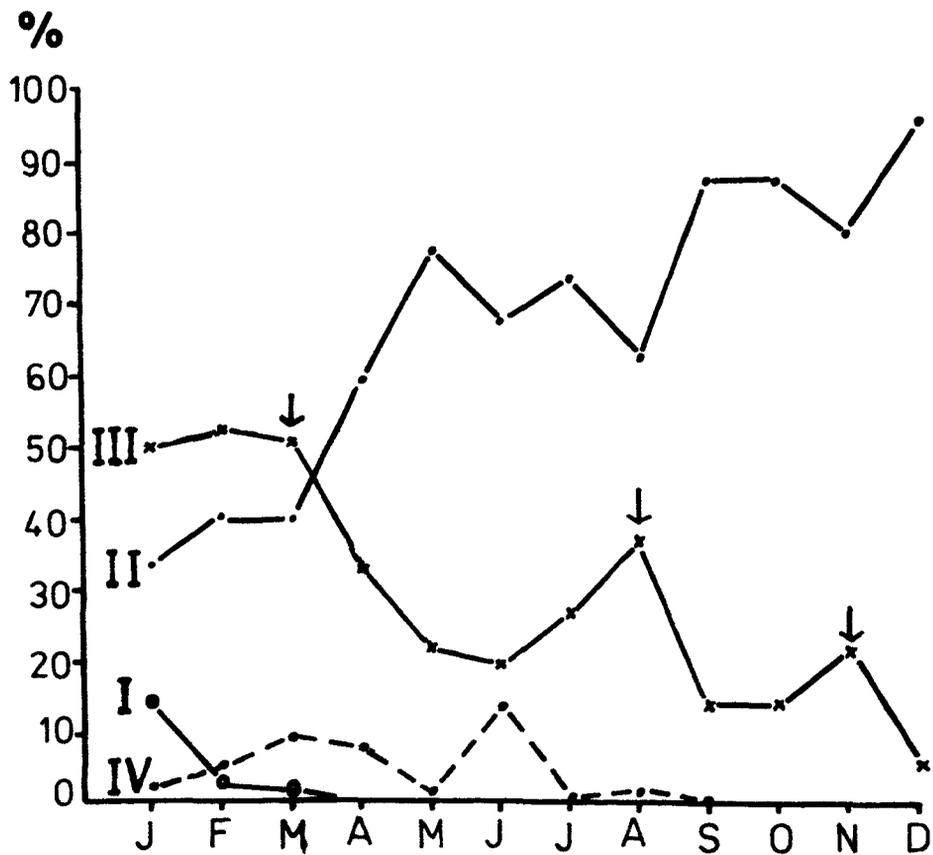


Abb. 8 : Fettgehalt auf den Eingeweiden von Tilapia rendalli (Grad I bis IV) s.a. Text, Pfeile bezeichnen erhöhte Laichaktivität

3.5.3. Relative Mageninhalte

Der überwiegende Teil der Mägen ist halbvoll bis voll (36,9 bzw. 34,1%). Nur 5,5% der Mägen ist leer (Tab. 7).

Tabelle 7: Prozentuale Verteilung des Füllungsgrad der Mägen von Tilapia rendalli

Monat	Füllungsgrad				
	I	II	III	IV	V
Januar	4,3	13,7	53,5	28,5	-
Februar	5,5	16,5	44,3	33,3	0,3
März	3,4	7,4	31,7	41,2	16,3
April	6,0	11,4	37,5	39,8	5,3
Mai	4,6	13,5	39,8	34,9	7,2
Juni	5,7	21,3	39,4	21,5	12,1
Juli	7,6	20,7	42,0	25,6	4,1
August	8,9	19,0	38,5	27,6	5,7
September	6,0	11,0	22,3	37,4	23,3
Oktober	3,8	4,7	29,3	37,9	24,3
November	3,6	12,4	29,5	39,4	15,1
Dezember	5,4	10,5	34,8	46,4	2,9

Dabei verhalten sich Füllungszustand IV und V reziprok zu II und III. In der Graphik 9 sieht man, daß in den Monaten Juni, Juli, August und Januar, Februar die meisten Mägen weniger gut gefüllt sind (65-70% Grad I, II und III) während es in den übrigen Monaten nur 35-60% sind. Man darf hier auf das Kapitel 4.4.2. hinweisen, denn genau in diesen oben erwähnten Monaten mit weniger Mageninhalt werden Ringe auf den Schuppen gebildet.

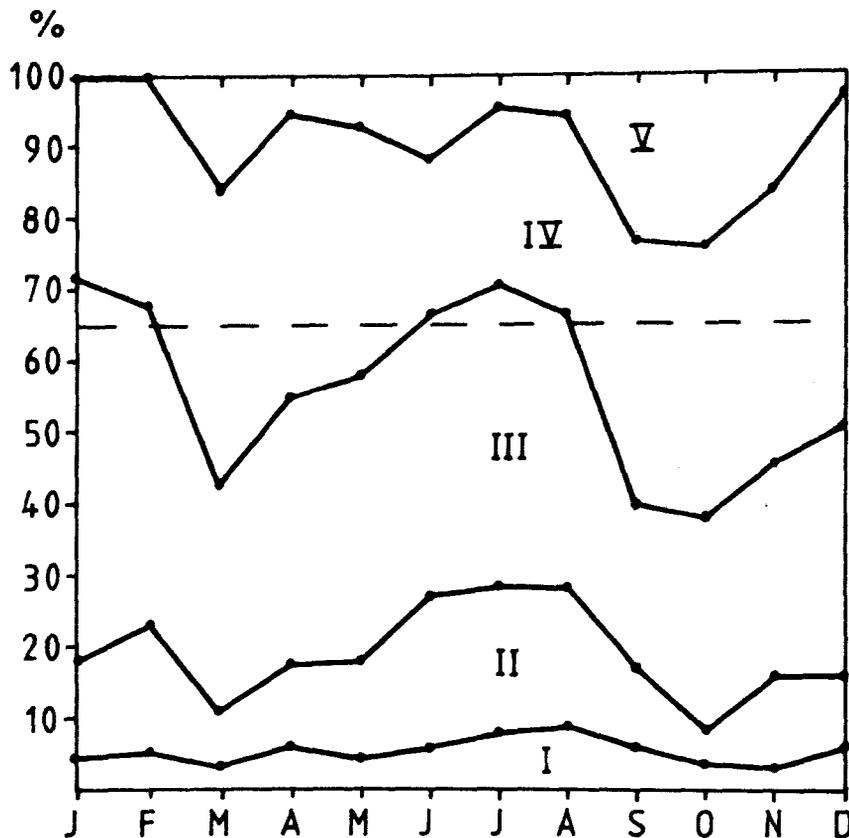


Abb. 9: Prozentuale Verteilung des Füllungsgrad der Mägen von Tilapia rendalli

3.6. Fortpflanzung

Dem Thema Fortpflanzung ist besondere Aufmerksamkeit geschenkt worden, da ja die Überbevölkerung des Sees zu untersuchen war. Daher sind Fragen der Minimallänge bei Geschlechtsreife und des Reproduktionspotentials von Bedeutung.

3.6.1. Minimallänge und Minimalalter bei Geschlechtsreife

Unter den über 5000 Tilapia, die biologisch untersucht worden sind, hatte das kleinste geschlechtsreife Weibchen eine Totallänge von 8,4 cm (März, Station IV). Das Weibchen befand sich im abgelaichten Zustand (Stadium VII). Das kleinste Weibchen von Stadium VI war 8,8 cm lang.

Nach Meschkat (1971) ist das Mindestalter der Geschlechtsreife bei Tilapia rendalli 5 bis 6 Monate. Nach Oliveira (1962) liegt das minimale Laichalter von Tilapia melanopleura (=rendalli) in Brasilien bei 6 - 8 Monaten. Andere Angaben liegen bei Chimits (1955) vor. Danach laicht Tilapia rendalli im ehemaligen Französisch-Equatorial-Afrika mit 7 Monaten bei 12 cm Länge, im ehemaligen Belgisch-Kongo bei 15 cm Länge und im Hoch-Katanga (1200 m hoch) bei 20 cm.

De Bont (1950) (zit. nach Lowe 1955) gibt als Startgröße für das Abbläichen bei Tilapia melanopleura (=rendalli) 22 cm an in Teichen im Kongo. Man kann hieran die normal wachsende Population von der Zwergwuchspopulation unterscheiden. Van Someren und Whitehead (1959, part I) stellten fest, daß die Geschlechtsreife viel mehr eine Funktion des Alters als der Länge sei. In Monosexkulturen von männlichen Tilapia nigra zeigten diese eine Laichfärbung bei etwa 18 cm, während diese Färbung in gemischten, überbevölkerten Populationen schon bei geringerer Größe (8 - 10 cm), aber gleichem Alter zu beobachten war. Es wird oft beschrieben, daß Tilapia nach der Geschlechtsreife langsamer wächst (Cridland, 1961; Riedel, 1965; Lowe, 1958; Bruton und Allanson, 1974). Van Someren und Whitehead (1959, part I) zeigten aber experimentell, daß das Wachstumspotential bei Tilapia nigra nach der Reife in Monosexkulturen fast genau so groß ist wie vorher und daß sogenannte Zwergwuchsfische einer F-Generation ein mindestens ebensogroßes Wachstumspotential haben, wie die Elterngeneration, sogar nach der Reife. Und zuletzt zeigten sie, daß schnelles Wachstum noch in großem Maße sogar nach einer scheinbaren Einstellung des Wachstums möglich ist, wenn die Fische in neue, nicht überbevölkerte Teiche eingesetzt werden.

In scheinbarem Widerspruch dazu stehen Experimente mit Tilapia zillii und Tilapia galilea in Syrien (Riedel, 1965), die schnell 300 - 350 g in den ersten 4 - 5 Monaten zunahmten. Ausgewählte Exemplare von dieser Population wurden dann unter guten Platzbedingungen in Laichteichen gehalten. Sie nahmen nur noch 100 - 150 g in den folgenden 3 Jahren zu.

Der Widerspruch erklärt sich, da diese Exemplare dem Streß des Ablaichen unterworfen waren, während bei Van Someren und Whitehead's Experimenten nur Männchen zu weiteren Versuchen aus der vorher gemischten Population ausgesucht wurden. Man kann also zusammenfassen, daß Tilapia potentiell eine gleich große Wachstumsrate nach der Geschlechtsreife haben, aber nur wenn sie nicht immer wieder ablaichen, also in Monosexkultur gehalten werden.

3.6.1.1. Einfluß der Temperatur

Die Frage stellt sich, welcher Faktor die Minimallänge der Geschlechtsreife bestimmt. Chimits (1955) beschreibt, daß Tilapia rendalli erst ab 21 bis 23 ° C anfängt zulaichen. Eine Akzeleration der Geschlechtsreife findet bei Arten statt, die unter tropischen oder subtropischen Bedingungen leben, also höheren Temperaturen ausgesetzt sind (El Zarka, 1961 a,b; Iles, 1971).

Die kleinsten geschlechtsreifen Tilapia wurden von Coe (1966) in den Lagunen des Magadi-See in Kenia gefunden. Es handelt sich um Tilapia grahami, deren Männchen nur 35 mm und deren Weibchen nur 25 mm Länge bei der Geschlechtsreife hatten. Diese lebten allerdings in sehr extremen Temperaturverhältnissen, da heiße Quellen das Wasser auf 28 - 43 ° C aufheizten.

Allgemein wird früher Beginn der Geschlechtsreife in Teichen und flachen Lagunen beschrieben, wo die Temperatur höher ist als in benachbarten tieferen Seen (Worthington, 1929). Als lethale Temperaturen werden für Tilapia rendalli 32,8 und 7,8 ° C angegeben (Spaas, 1959), wenn sie vorher an 15 ° C akklimatisiert waren. Wenn sie an 25 ° C akklimatisiert waren, war die lethale Temperatur höher: 36,9 ° C für die obere Grenze und 11 ° C für die untere.

3.6.2. Reproduktionspotential

Unter natürlichen Bedingungen ist es nicht möglich, die Laichhäufigkeit der einzelnen Individuen zu bestimmen. Aber nach Teichversuchen von Meschkat (1971) kann Tilapia melanopleura (=rendalli) in Brasilien alle 6 - 8 Wochen ablaichen. Chimits (1955) beschreibt, daß Tilapia melanopleura (=rendalli) in Äquatornähe das ganze Jahr über alle 6 - 7 Wochen ablaicht, während sie in anderen Gebieten nur bei Temperaturen über 21 - 23 ° C laichen. Genau das gleiche Verhalten fand Cridland (1961) bei Tilapia esculenta in Uganda; allerdings war während der Regenzeit ein höherer Prozentsatz geschlechtsreifer Fische vorhanden. Tilapia melanopleura (=rendalli) im Kongo laichten alle 7 Wochen, aber nur 4 mal pro Jahr (De Bont, 1950) (zit. nach Lowe, 1955). Es hatte den Anschein, daß die Häufigkeit des Laichens von der Dauer der Regenzeit abhing und von Jahr zu Jahr schwankte.

Laichreife Exemplare von Tilapia rendalli werden im Lago Sauce das ganze Jahr über gefunden (s.a. Kap.3.6.4.). Die Zahl der Eier pro Paar lag bei etwa 1000 pro Nest. Nach Bard et al. (1975, 2.Ed.) laicht Tilapia rendalli 1.000 bis 6.000 Eier auf einmal ab. Chimits (1955) erwähnt 5.000 - 6.000 Eier für Tilapia melanopleura (=rendalli) im Kongo. Ruwet (1962) hat etwa 2.000 Eier bei Tilapia melanopleura (=rendalli) im Lufira-See gezählt.

Zählungen der in den Gonaden vorhandenen Eier bei Tilapia rendalli im Lago Sauce ergaben 243 bis 3907 Eier. Substratbrüter laichen normalerweise eine größere Anzahl von Eiern als Maulbrüter. Die Maulbrüter haben im Gegensatz zu den Substratbrütern sehr große, dotterreiche Eier (Peters, 1959). Dies wird als Resultat von evolutiven Veränderungen bei der Entwicklung der Maulbrüter aus den Substratbrütern angesehen (Lowe, 1955).

3.6.3. Korrelationen zwischen Eizahl, Gewicht der Gonade und Länge bzw. Gewicht der Tilapia

Ben-Tuvia (1960) stellte fest, daß die Ovarien kleinerer Tilapia galilea weniger Eier als die größerer Individuen enthielten. Bei Tilapia rendalli im Lago Sauce ergibt sich dagegen keine signifikante Korrelation zwischen Eizahl und Länge der Fische. Der Korrelationskoeffizient beträgt $r = 0,14$. Es gibt sowohl 17,3 cm lange Weibchen mit nur 378 Eiern, als auch 11,4 cm lange Weibchen mit 1792 Eiern.

Das ist erklärbar durch die unterschiedliche Eigröße bei den einzelnen Individuen. Sogar die Größe der Eier in einem Gelege streut beträchtlich.

Während Lowe (1955) fand, daß die Eigröße von Art zu Art, aber nicht mit der Länge der Weibchen schwankt, erklärt Peters (1963) das als Irrtum, da das Material der Autorin zu spärlich sei. Es zeige sich eine ausgeprägte Tendenz zur Zunahme der Eigröße (des Eigewichts) mit der Körpergröße (dem Gewicht) der Fische.

Bei Tilapia rendalli im Lago Sauce wurden nicht die abgelaichten Gelege, sondern das komplette, reife Ovarium gewogen und gegen das Gesamtgewicht des Fisches verglichen. Bei 50 Freiheitsgraden und 99% Wahrscheinlichkeit besteht eine positive Korrelation. Der Regressionskoeffizient betrug 1,16, $a = 0,01$ und $r = 0,5$. Die Erklärung für die nicht korrelierende Anzahl der Eier mit der Körpergröße und des wohl korrelierenden Gonadengewichts mit dem Gewicht des Fisches besteht darin, daß ein Individuum entweder viele kleine Eier oder verhältnismäßig wenig, dafür größere Eier produziert.

Die weit streuenden Eizahlen und Ovariengewichte innerhalb einer Population können aber vielleicht auch zum Teil durch vorhergehende Laichakte erklärt werden, wobei nur ein Teil der Eier abgelaicht wurde. Dies ist besonders häufig und typisch für die sehr laichaktiven Massenpopulationen vom Typ des Lago Sauce.

Diese und Aquarienpopulationen können fast fortlaufend in kurzen Intervallen neue Gelege produzieren (Iles, 1973). Bei Tilapia rendalli beträgt dieses Intervall im Minimum nur 9 Tage (Oliveira, 1962).

3.6.4. Laichzeiten

Wie schon erwähnt, laicht Tilapia rendalli das ganze Jahr über im Lago Sauce, aber man kann doch einige Monate mit verstärkter Laichaktivität feststellen (Abb. 10).

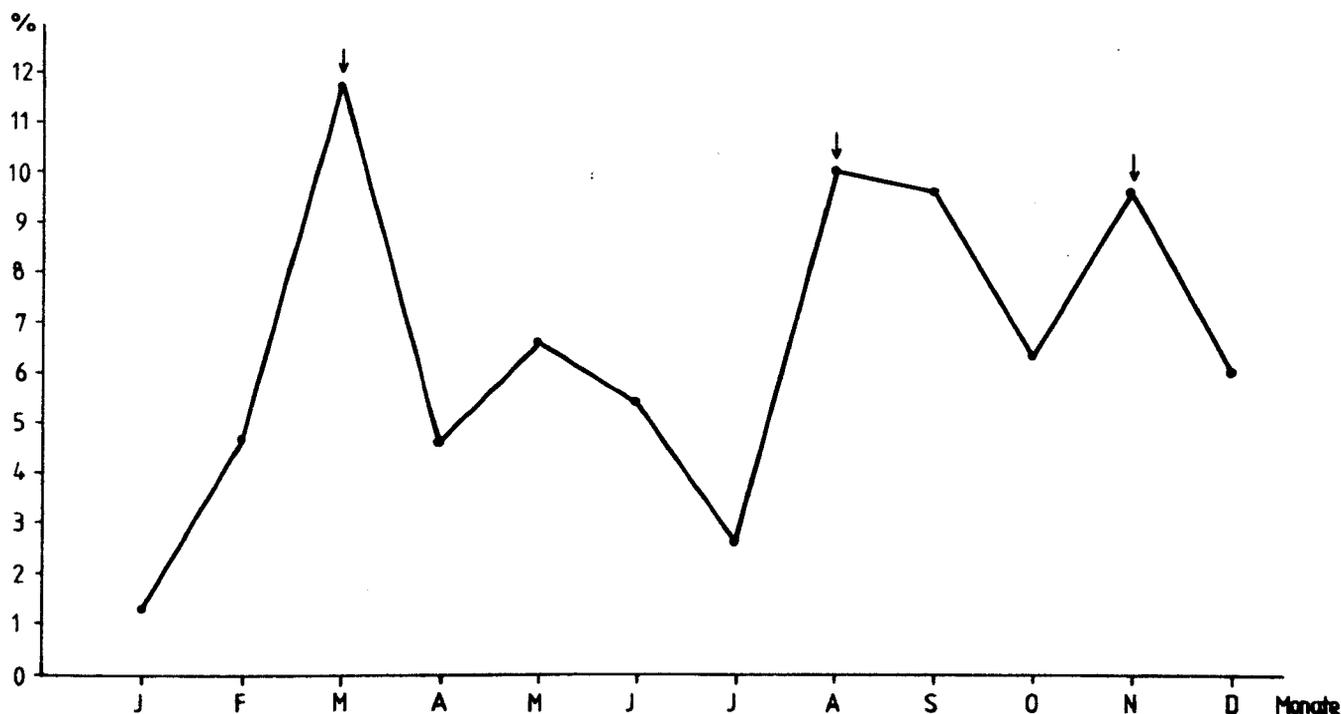


Abb. 10: Prozentuale Häufigkeit geschlechtsreifer Tilapia-Weibchen im Verlauf des Jahres (Pfeile zeigen erhöhte Laichaktivität)

Berücksichtigt wurden die Reifestadien VI und VII. So laichen im März 11,7%, im August 10% und im November 9,6% Weibchen des im Uferbereich sich befindenden Bestandes. Immer sind wesentlich mehr reife Weibchen als Männchen vorhanden.

Im Kapitel

3.4.1. über die Laichwanderungen wurde schon beschrieben, daß in diesen Monaten auch besonders große Männchen am Ufer anzutreffen sind. Die Längendifferenz zwischen Männchen und Weibchen beträgt im März 1,67 cm, im August 1,36 cm und im November 1,50 cm (Tab. 5), während in den restlichen Monaten im Durchschnitt die Differenz nur 0,60 cm beträgt.

Ein Zusammentreffen von niedrigerem Wasserniveau im März, August und November und erhöhter Laichaktivität ist festzustellen. (Abb. 2)

Da im Lago Sauce ein gesunkenes Wasserniveau direkt mit Regenarmut in Verbindung gebracht werden kann, bedeutet das, daß Tilapia rendalli relativ regenfreie Monate zum Laichen bevorzugt. Das steht im Gegensatz zu Beobachtungen von Ben-Tuvia (1960) bei Tilapia galilaea, die ihre größte Laichrate zugleich mit dem höchsten Wasserspiegel im Tiberias-See erreichten. Es wird dies mit den günstigen Entwicklungsmöglichkeiten für die Brut in den dann entstehenden Lagunen am Rande des Sees erklärt. Ben-Tuvia erwähnt aber auch, daß die Temperatur in diesen Lagunen normalerweise hoch ist. Mit letzterem Faktor dürfte auch die Laichtätigkeit erklärt werden. Das wird mit den Daten im Lago Sauce bestätigt, wo die 10.00 Uhr Temperaturen in den Monaten März, August und November $1 - 4^{\circ} \text{C}$ über denen der benachbarten Monate liegen, und über 28°C betragen. Erhöhte Temperatur bedingt also erhöhte Laichaktivität. Und offensichtlich bedeuten Regenfälle ein Sinken der Temperatur im Lago Sauce, deshalb geringere Laichrate.

Die Laichraten dürften deshalb nach den jährlich etwas unterschiedlichen Regenfällen schwanken und jedes Jahr dürften die Laichmaxima in vom Vorjahr verschiedenen Monaten auftreten. Das bestätigt Lowe (1958) bei Daten vom Georg-See. Im Juni 1949 waren 55% der Tilapia nilotica unter Laichbedingungen, im Juni 1952 nur 29%.

3.7. Parasiten

Die Beobachtung von Parasitenbefall der Tilapia erfolgte ohne optische Hilfsmittel. Es wurden sehr wenig Parasiten festgestellt. Nur in den Mägen fand man manchmal Nematoden.

Lowe (1958) erwähnt auch, daß die Tilapia in den Großen Seen Afrikas bemerkenswert frei sind von Parasiten, während in Lagunen und Kraterseen viele Fische stark befallen sind. Auch diese hatten vor allem Nematoden in der vorderen Bauchhöhle und Nematodenlarven zwischen den Darmschlingen.

3.8. Diskussion

Um die Arbeit übersichtlicher zu machen, soll der bisherige Teil schon einmal diskutiert werden. Es konnten verschiedene Zusammenhänge zwischen den abiotischen und biotischen Parametern festgestellt werden.

Die Regenfälle, die von Monat zu Monat unterschiedlich sind, aber in verstärktem Maße im Südsommer fallen, beeinflussen die Temperatur des Sees, das heißt, die Oberflächentemperatur in regenreichen Monaten ist kälter als in regenarmen Monaten. Wenn es dann längere Zeit nicht stark regnet, wärmt sich das Oberflächenwasser auf und das wirkt als Impuls für die Tilapia abzulaichen. Als limitierender Faktor dabei spielt offensichtlich der vorhandene Nistplatz eine Rolle, da nur im Ufergebiet bis maximal 1 m Tiefe Nester gebaut werden und außer dem einheimischen Cichliden "bufurqui" auch der Arapaima gigas Nistplatz beansprucht.

Ein Indiz für die Überbevölkerung des Sees ist die geringe Minimallänge bei Geschlechtsreife (8,8 cm Totallänge).

Andere Autoren (Iles, 1971; El Zarka 1961 a,b) beschreiben den Einfluß einer Temperaturerhöhung auf die Akzeleration der Geschlechtsreife. Das hieße, daß offensichtlich der Lago Sauce wärmer ist als das Ursprungsgewässer dieser Tilapia und sie deshalb sukzessive eine Akzeleration mitmachen und schon bei geringerer Größe ablaichen. In einem kühleren Gewässer würden sie erst später geschlechtsreif werden.

Unter dem Streß des Laichens wachsen die Tilapia nicht mehr so gut, weil sie

- a) das Territorium verteidigen müssen
- b) die Brut bewachen
- c) das andauernde Laichen selbst viel Energie kostet.

Der Sauerstoffgehalt beeinflusst die Vertikalverteilung der Tilapia. Bis in 10 - 12 m Tiefe sind sie anzutreffen, weiter unten gibt es keinen Sauerstoff mehr. Sauerstoffdefizit im Oberflächenwasser durch ein totales Umwälzen des Wassers im Juni des Jahres führte zu einem Massensterben.

In den Monaten erhöhter Laichaktivität sind folgende biologische Eigentümlichkeiten festzustellen:

- 1) sehr erhöhter Anteil an Weibchen im Uferbezirk
- 2) erhöhtes mittleres Gewicht infolge
- 3) sehr viel größerer Männchen
- 4) Ansteigen des Fettgrades III (viel Fett) gegenüber Fettgrad II (wenig Fett)

Der letzte genannte Punkt zeigt, daß besser genährte Tiere zum Laichen mit "Reservespeck" ans Ufer kommen.

Davon unterscheiden muß man allerdings den Füllungsgrad der Mägen während der verschiedenen Monate, da dieser von der momentanen Situation abhängt. Im Juni, Juli und August sowie Januar und Februar sind die Mägen weniger gut gefüllt. Eventuell hat dies etwas mit der Ringbildung auf den Schuppen zu tun.

4. Populationsdynamik der Tilapia rendalli im Lago Sauce

4.1. Einleitung

Viele für die Populationsdynamik vorausgehende Messungen werden hier dargestellt anstatt im Kapitel "Biologie der Tilapia rendalli". Es geht darum, die Struktur der Population im Hinblick auf das Geschlechterverhältnis, Konditionsfaktor, Längen- Gewichtsverteilung, sowie Alterszusammensetzung, Längen- Gewichtswachstum und Gesamtsterblichkeit zu klären.

Von großer Bedeutung für das peruanische Fischereiministerium war vor allem die Frage nach der Biomasse der Tilapia im See. Im Laufe des Projekts wurden außer der ursprünglich vorgesehenen Methode noch 3 weitere ausprobiert, besonders im Hinblick auf die ökonomischen Bedingungen in Perú, die sich gerade während der Laufzeit des Projekts rapide zu verschlechtern begannen. Eine große Inflationsrate und starke Preiserhöhungen brachten das Projekt, das über ein Jahr lief, in Schwierigkeiten. Deshalb wurde versucht, rascher anwendbare Methoden zur Biomassenbestimmung zu finden.

4.2. Material und Methoden

Jeden Monat, ein Jahr lang, wurde in 7 verschiedenen Zonen des Sees mit einer Strandwade gefischt. Die Proben zur Bestimmung der biologischen Daten sind Teilproben der Strandwadenfänge (Abb 1). Die Fangzonen wurden so ausgesucht, weil das Gelände und die Beschaffenheit des Seeufers es erlaubten, die Strandwade gut einzusetzen. Der Seeboden fällt nicht sehr steil ab und ist frei von höherem Pflanzenbewuchs, Stöcken und Schlamm, nur die Zone 1 mußte vor Beginn des Projekts von Stöcken und Baumresten gesäubert werden.

Die vorhandene Strandwade war 90 m lang und 7 m hoch. Die Maschenweite betrug in den Flügeln 2 Zoll (=4,6 cm) und im Beutel 1,25 Zoll (=2,88 cm). Das Netz wurde mit einem Kanu so ausgelegt, daß möglichst immer ein gleich großes Areal umschlossen wurde.

Zur Altersbestimmung wurden Schuppen verwandt.

4.3. Struktur der Population

Die aus den Verhaltensstudien (Kap. 3) gezogenen Ergebnisse sollen durch die Auswertung der monatlich erhaltenen Fänge für die Biomassenbestimmung zahlenmäßig besser erfaßt und abgesichert werden. Insgesamt wurden mehr als 14.000 Individuen dazu untersucht, ihre Total- und Standardlänge, Gesamt- und Schlachtgewicht gemessen und das Geschlecht durch direkte Beobachtung der Gonaden bestimmt.

4.3.1. Geschlechterverhältnis

In allen Zonen außer der Zone I am Ende des engen Seeteils überwiegen im Jahresdurchschnitt die Weibchen. Insgesamt sind in dem durch die Strandwade befischten Bereich des Sees 57,6 % Weibchen und 42,4% Männchen vorhanden. In der Zone IV findet man 60,95% Weibchen, während in der erwähnten Zone I nur 47,9% Weibchen im Jahresdurchschnitt vorkommen (Tab. 8)(Abb. 11). Das könnte durch Nichteignung der Zone I für die Reproduktion erklärt werden, da dort der Untergrund stark von Ästen und anderem Unrat verunreinigt ist. In Monaten mit erhöhter Laichaktivität - mit Ausnahme des Novembers - sind besonders viele Weibchen am Ufer vorhanden (Tab. 3). So heben sich die Monate März (65,44%) und August (61,23%) sehr deutlich von den sie umgebenden Monaten ab.

Im Juli, wo die Reproduktionsrate sehr gering ist, sind dagegen weniger Weibchen als Männchen vorhanden.

Tabelle 8 : Geschlechterverhältnis pro Zone

Zone	Gesamt- zahl	Männchen		Weibchen	
		Zahl	%	Zahl	%
I	942	491	52,12	451	47,88
II	1443	622	43,10	821	56,90
III	3090	1246	40,32	1844	59,68
IV	2914	1138	39,05	1776	60,95
V	1130	507	44,87	623	55,13
VI	1591	705	44,31	886	55,69
VII	2983	1264	42,37	1719	57,63
Gesamt	14.093		42,38		57,62

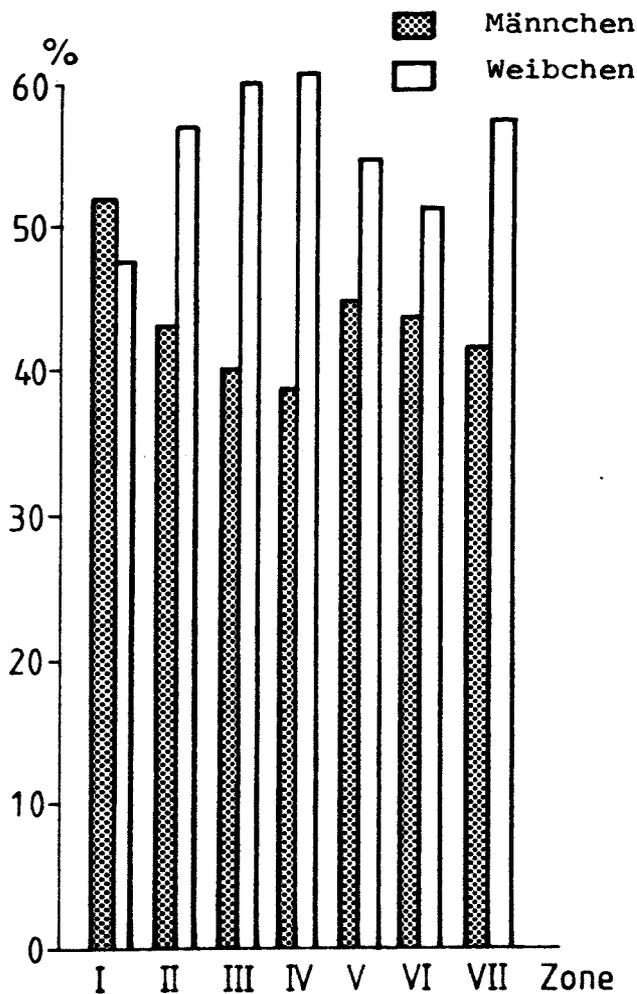


Abb. 11 : Geschlechterverhältnis pro Zone

Bei Tilapia rendalli im Lago Sauce behüten beide Geschlechter die Brut und die Überzahl der Weibchen am Ufer zu Laichzeiten kann insoweit mit dem Brutverhalten erklärt werden, daß sich die Männchen unter mehreren Weibchen das geeignete aussuchen, wie in Kap. 3.4.3. beschrieben.

4.3.2. Längen- Gewichtsrelation

Für die Bestimmung der Längen-Gewichtsrelation haben wir die Werte der Totallänge und des Schlachtgewichts genommen, um Fehler aus unterschiedlichen Gonaden- und Magen-Darm-Gewichten zu eliminieren. Im Normalfall sind etwa 50 Werte pro Zone und Monat bearbeitet worden, was ein Total von etwa 4.000 Fischen gibt.

Nach der Formel

$$W = F \cdot L^x$$

W = Gewicht (g)
L = Länge (mm)

bestimmte man F, der bei Einsetzen von $x = 3$ Konditionsfaktor genannt wird. Ebenso errechnete man x , den Exponenten der Längen-Gewichtsrelation, der bei Tilapia rendalli ziemlich eng um 3 schwankt.

Dabei fällt generell nur auf, daß die Weibchen ein höheres F haben (2,0408) im Gegensatz zu den Männchen (F= 1,5174) im Gesamtdurchschnitt des Jahres. Das heißt, die Weibchen sind allgemein dicker im Verhältnis zur Länge als die Männchen. Ein Zusammenhang zwischen dem Konditionsfaktor und dem Längen ist nicht festzustellen.

Die allgemeine Formel für die Längen-Gewichtsrelation ist für die Weibchen:

$$W = 2,0404 \cdot 10^{-5} \cdot L^{3,00}$$

und für die Männchen:

$$W = 1,5174 \cdot 10^{-5} \cdot L^{3,06}$$

Das entspricht den Ergebnissen anderer Arten.

4.3.3. Längen-Häufigkeitsverteilung

Die Längen-Häufigkeitsverteilung gibt über die Zusammensetzung der Population Auskunft und wird auch benutzt, um Altersgruppen zu bestimmen, falls die Graphiken es erlauben. (Kap. 4.4.1.)

Die Längen-Häufigkeitsverteilungen wurden monatlich getrennt für Männchen und Weibchen für jede der 7 Zonen aufgestellt. Stellvertretend für die 7 Zonen betrachten wir die Zone IV (Abb. 12). Es bestätigt sich, daß die Männchen größer werden. Dies wird allgemein für Tilapia in der Literatur erwähnt. In unserem Fall wird es später dadurch erklärt, daß die Weibchen eine höhere Sterblichkeit haben und nicht älter als zweieinhalb Jahre werden (Kap.4.7.).

Eine Ausnahme machen Beobachtungen von Lowe (1958) bei Tilapia nilotica im Rudolf-, Edward- und Georg-See, wo die Geschlechter sich nicht sehr in der

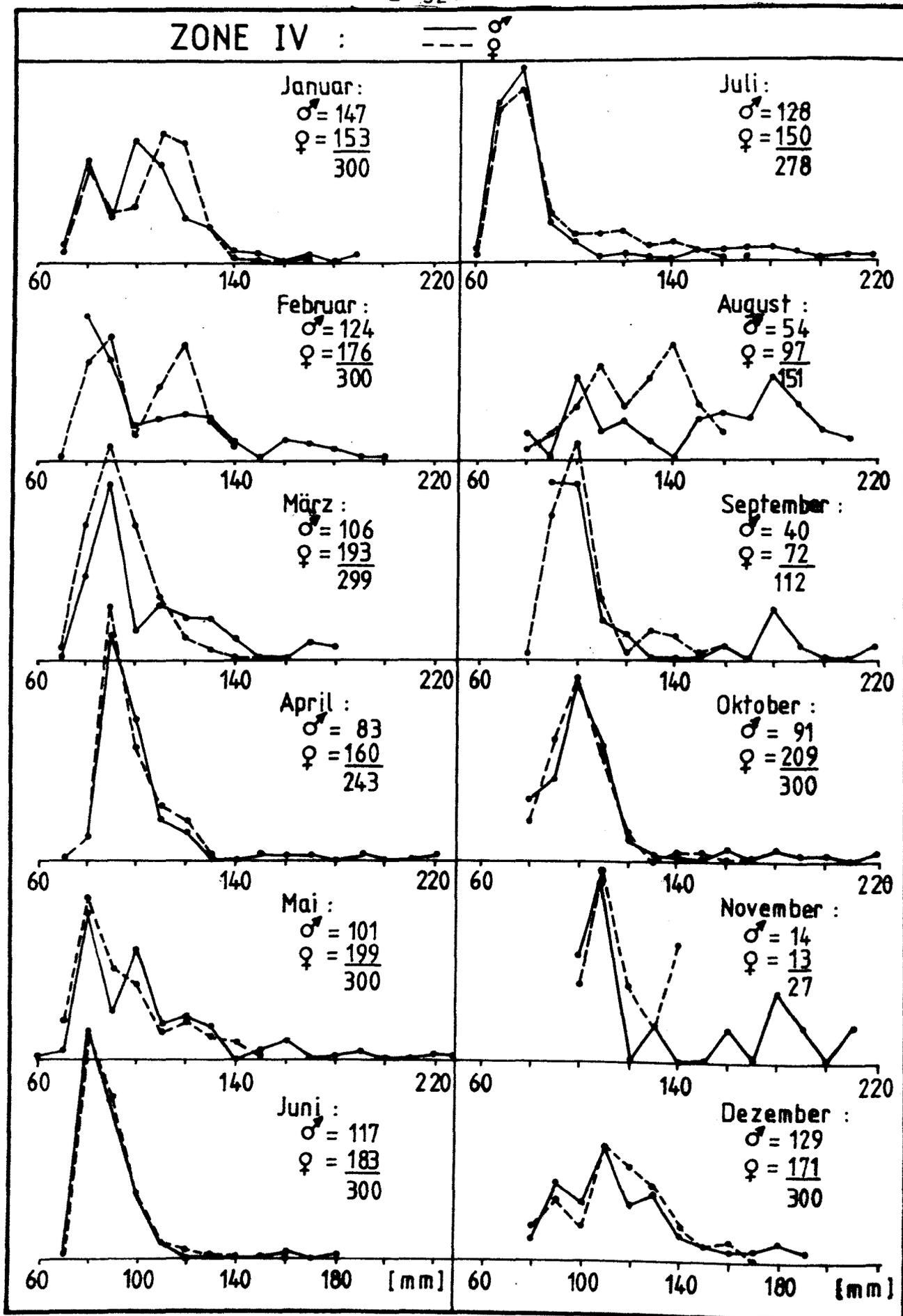


Abb. 12: Längen-Häufigkeitsverteilung von Tilapia rendalli im Lago Sauce für Fischereizone IV

Größe unterscheiden, allerdings die größeren Männchen häufiger sind als die Weibchen. Im Lago Sauce wurde als größtes Weibchen eins von 19,8 cm Länge gefangen, während Männchen bis 26,7 cm im Fang vorhanden waren. Die weitaus größte Anzahl an Tilapia rendalli im See ist unter 11 cm lang. Nur in Monaten mit hoher Laichproduktion, Februar, und besonders August, September und November sind in größerer Anzahl auch Exemplare von 13 -15 cm und mehr am Ufer vorhanden.

4.3.4. Mittlere Länge pro Monat und Zone

In Tabelle 9 wurden jeweils getrennt für Männchen und Weibchen mittlere Länge, ihre Standardabweichung (s) und der Variationskoeffizient (CV) angegeben. Dabei sieht man, daß die Standardabweichung und auch der Variationskoeffizient (Standardabweichung ausgedrückt als Prozentsatz des Mittels) für die Männchen fast immer wesentlich höher ist, als für die Weibchen. Der männliche Teil der Tilapia-Population ist also variabler als der weibliche Teil.

In der Tabelle 10 werden die Größenunterschiede der beiden Geschlechter in den verschiedenen Monaten und Zonen dargestellt. In 19% der Fälle sind die Weibchen im Durchschnitt größer als die Männchen. Bildet man allerdings das Gesamtmittel der Länge für alle 7 Zonen zusammen (Tabelle 11), so kann man folgern, daß die Männchen in der Nähe des Seeufers zwischen 0,01 cm (Juli) und 1,67 cm (März) größer sind als die Weibchen. Es war im Kap. 3.4.1. schon darauf hingewiesen worden, daß die größten Unterschiede in den besonders laichaktiven Monaten März, August und November bestehen. Im laichärmeren Juli

Tabelle 9 : Durchschnittslänge, Standardabweichung und Variationskoeffizient

Monat	Zone	$\bar{l} \sigma$	$\bar{l} \varphi$	s σ	s φ	CV σ	CV φ	n σ /n φ
Januar	I	11,08	9,52	2,8673	2,2149	25,87	23,28	38/26
	II	13,20	12,23	2,2599	1,8835	17,12	13,24	117/176
	III	12,78	12,09	3,2080	1,8084	25,11	14,96	40/58
	IV	10,72	10,88	2,1895	1,7512	20,42	16,09	147/153
	V	11,77	11,49	2,6700	1,6050	22,68	13,97	46/54
	VI	12,85	12,55	3,1540	1,7380	24,55	13,85	47/46
	VII	12,70	11,10	2,0280	1,9417	18,95	17,49	40/37
Februar	I	11,16	10,26	3,333	2,1381	29,87	20,84	42/50
	II	13,36	12,14	4,3920	3,1208	32,86	25,71	25/38
	III	12,77	12,05	2,4937	1,7950	19,52	14,89	124/170
	IV	11,18	10,65	2,9974	1,8958	26,80	17,80	124/176
	V	12,42	11,36	3,3517	1,8111	26,97	15,93	82/136
	VI	11,18	10,52	3,4630	2,0318	30,96	19,31	124/176
	VII	13,09	12,07	3,5490	2,1757	27,10	18,02	127/173
März	I	12,11	9,87	5,1934	1,1197	42,90	11,82	51/55
	II	11,48	11,00	2,4652	1,5008	21,48	13,64	13/20
	III	10,92	11,28	2,7473	1,9304	25,09	17,11	98/186
	IV	10,94	9,65	2,6010	1,3386	23,78	13,87	106/193
	V	15,46	10,59	3,4089	1,7573	22,04	16,58	33/72
	VI	13,16	10,72	2,3255	2,0384	17,66	19,02	72/161
	VII	12,73	12,01	3,1114	2,4110	24,43	20,07	93/203
April	I	11,81	11,02	4,5598	2,5353	38,61	23,02	56/65
	II	11,68	11,21	2,1845	2,1845	19,48	19,48	29/27
	III	10,02	9,61	2,1644	0,7772	21,60	8,09	55/106
	IV	10,52	10,09	2,2491	1,0988	21,38	10,89	83/160
	V	12,00	13,12	3,0623	1,6787	25,52	12,79	10/11
	VI	13,57	10,93	3,7132	2,7359	25,37	25,04	12/19
	VII	9,51	9,93	1,9250	1,2782	20,23	13,70	122/178

Monat	Zone	$\bar{I} \sigma$	$\bar{I} \varphi$	s σ	s φ	CV σ	CV φ	n σ / n φ
Mai	I	12,56	9,66	5,3100	1,4200	42,27	14,73	55/72
	II	9,59	9,70	1,3452	1,4866	14,02	15,33	105/195
	III	9,91	10,17	2,7386	1,6732	27,64	16,44	158/142
	IV	10,88	9,93	3,1356	1,9715	28,80	19,85	101/199
	V	9,66	9,43	1,5325	1,4487	15,85	15,35	106/121
	VI	9,30	9,09	1,5551	1,1303	16,73	12,42	143/157
	VII	9,35	9,45	1,3138	1,1200	14,05	11,85	119/180
Juni	I	16,13	11,93	4,3104	2,4010	26,72	20,12	33/17
	II	11,64	11,22	2,9865	2,3562	25,64	21,00	53/71
	III	12,13	11,47	3,6170	2,3905	29,82	20,84	121/179
	IV	9,25	9,30	1,4540	1,2319	15,72	13,24	117/183
	V	10,15	10,08	3,0539	2,0329	30,09	20,17	75/68
	VI	10,06	10,76	3,4277	2,6670	34,06	24,79	68/42
	VII	10,22	10,72	2,6786	2,5035	26,22	23,34	130/170
Juli	I	11,92	12,20	2,8476	2,2608	23,89	18,53	56/41
	II	11,35	11,66	3,1252	2,4599	27,54	21,10	114/84
	III	11,05	11,26	2,4450	1,9782	22,13	17,57	153/147
	IV	10,31	10,13	3,1249	2,1478	30,31	21,70	138/150
	V	11,13	10,94	3,7923	2,3885	34,07	21,83	45/41
	VI	14,28	13,09	4,9627	2,5517	34,75	19,49	43/62
	VII	10,27	10,98	2,4362	2,4554	23,72	22,36	169/130
August	I	13,12	11,87	2,6776	2,1156	20,41	17,81	57/55
	II	13,80	12,65	3,1866	1,8637	23,09	14,73	45/96
	III	14,09	12,40	4,3107	2,3031	30,59	18,57	45/93
	IV	15,34	12,89	3,9065	2,0006	25,45	15,51	54/97
	V	12,40	12,40	2,6267	2,0000	21,18	16,12	31/39
	VI	16,23	14,05	3,0276	1,6077	18,65	11,43	42/52
	VII	12,57	11,84	3,1767	2,3579	25,26	19,90	116/184
Septem.	I	12,08	11,42	2,4938	2,0258	20,64	17,74	79/49
	II	10,99	10,52	2,1457	1,1660	19,52	11,08	68/57
	III	13,02	11,30	2,8951	1,6999	22,34	15,04	98/202
	IV	11,70	10,79	3,4877	1,0556	29,81	9,78	40/72
	V	11,00	12,71	1,6465	2,0569	14,97	16,18	10/13
	VI	12,08	11,53	4,0832	2,3729	33,80	20,58	19/38
	VII	10,88	10,74	2,0418	1,6668	18,77	15,52	122/178

Monat	Zone	$\bar{l} \sigma$	$\bar{l} \varphi$	s σ	s φ	CV σ	CV φ	n σ /n φ
Oktober	I	10,90	11,90	1,3093	3,3166	12,01	27,87	8/4
	II	11,81	10,95	2,0429	1,5719	17,30	14,36	27/20
	III	12,42	11,22	2,9280	1,5105	23,58	13,46	62/106
	IV	11,04	10,52	2,6013	1,4108	23,57	13,41	91/209
	V	10,95	10,25	2,5962	1,4415	23,70	14,06	38/41
	VI	11,48	11,13	2,3790	1,7319	20,72	15,56	49/56
	VII	11,61	10,84	2,2903	1,4308	19,72	13,20	42/70
Novem.	I	15,28	13,29	3,9438	2,5712	25,81	19,34	8/9
	II	17,46	13,57	3,5262	2,5029	20,19	18,44	17/18
	III	12,56	11,87	2,6500	1,5728	21,10	13,25	129/171
	IV	13,97	12,25	3,9363	1,4634	28,17	11,95	14/13
	V	15,26	14,50	1,9159	2,0248	12,55	13,96	14/10
	VI	11,85	11,51	2,7171	1,8593	22,93	16,14	47/35
	VII	13,27	12,21	2,9724	2,2608	22,40	18,51	137/156
Dezem.	I	14,65	12,90	3,2841	1,7728	22,41	13,74	8/8
	II	15,73	12,66	3,5702	1,4470	22,69	11,42	9/19
	III	13,22	11,80	2,6972	1,6080	20,39	13,62	164/285
	IV	12,23	12,05	2,6431	1,9807	21,61	16,43	129/171
	V	13,81	12,40	2,8952	1,5811	20,96	12,75	17/17
	VI	14,53	14,33	3,8832	2,6539	26,38	18,52	39/42
	VII	14,31	14,28	3,2646	2,9807	22,81	20,86	43/60

Tabelle 10: Größenunterschied ($\bar{l} \sigma - \bar{l} \varphi$) für verschiedene Monate und Zonen

Monat/Zone	I	II	III	IV	V	VI	VII
Januar	1,56	0,97	0,69	-0,16	0,28	0,30	1,60
Februar	0,90	1,22	0,72	0,53	1,06	0,66	1,02
März	2,24	0,48	-0,36	1,29	4,87	2,44	0,72
April	0,79	0,47	0,41	0,43	-1,12	2,65	-0,42
Mai	2,90	-0,11	-0,26	0,95	0,23	0,21	-0,10
Juni	4,20	0,42	0,66	-0,05	0,07	-0,70	-0,50
Juli	-0,28	-0,31	-0,21	0,18	0,19	1,19	-0,71
August	1,25	1,93	1,69	2,45	0,00	2,18	0,73
September	0,66	0,47	1,72	0,91	-1,71	0,55	0,14
Oktober	-1,00	0,86	1,20	0,52	0,70	0,35	0,77
November	1,99	3,89	0,69	1,72	0,76	0,34	1,06
Dezember	1,75	3,07	1,42	0,18	1,41	0,20	0,03

dagegen findet man in 4 Zonen im Mittel größere Weibchen; außerdem ist die Geschlechterrate umgekehrt (weniger Weibchen als Männchen).

Es ist noch darauf hinzuweisen, daß die Durchschnittslänge (\bar{l}) sowohl der Männchen als auch der Weibchen zum Ende des Jahres ansteigt. Vergleicht man z.B. \bar{l} in den bevorzugten Laichepochen, so steigt \bar{l} bei den Männchen vom März bis August um 1,54 cm und von August auf November um 0,30 cm, bei den Weibchen 1,85 cm und 0,16 cm (Tab. 12). Diese Längensteigerung ist vermutlich auf die Zuwanderung großer Tiere und nicht auf selektive Probennahme zurückzuführen, da in den meisten Fällen der Gesamtfang bearbeitet wurde und jeder Monatswert sich auf mehreren Hundert bis Tausend Daten stützt. Die Anzahl der Tilapia im Durchschnittsfang nimmt allerdings auch zum Jahresende ab (Kap. 4.8.).

4.3.5. Mittleres Gewicht pro Monat und Zone

Das mittlere Gewicht pro Monat und Zone ist in Tabelle 13 dargestellt und in Tabelle 14 das Durchschnittsgewicht für alle 7 Zonen zusammen. Dabei wird deutlich, daß besonders schwere Tilapia in den bevorzugten Laichmonaten am Ufer zu finden sind; sehr auffallend wird der Unterschied im August und November (Abb. 13). Dies ist der Einfluß der großen Männchen im Laichgebiet. Das durchschnittliche Gewicht beträgt nur 37,92 g.

4.4. Altersbestimmung

Die Altersbestimmung ist bei tropischen und subtropischen Arten fast immer mit großen Schwierigkeiten verbunden. Oft bestehen keine festen physiologischen Zyklen für Reproduktion, Nahrungsaufnahme und Wachstum. Das bedeutet nicht unbedingt, daß es

Tabelle 11: Durchschnittslänge von Tilapia rendalli pro Monat

Monat	Männchen \bar{l}_{σ} (cm)	Weibchen \bar{l}_{φ} (cm)	Männch.-Weibch. $\bar{l}_{\sigma} - \bar{l}_{\varphi}$ (cm)	$\bar{l}_{(\varphi+\sigma)}$ (cm)
Januar	12,16	11,41	0,75	11,78
Februar	12,16	11,29	0,87	11,72
März	12,40	10,73	1,67	11,38
April	11,30	10,84	0,46	11,07
Mai	10,18	9,63	0,55	9,91
Juni	11,37	10,78	0,59	11,08
Juli	11,47	11,46	0,01	11,46
August	13,94	12,58	1,36	13,26
September	11,68	11,29	0,39	11,48
Oktober	11,46	10,92	0,54	11,19
November	14,24	12,74	1,50	13,49
Dezember	14,08	12,92	1,16	13,50
Mittel	12,20	11,38		

Tabelle 12: Durchschnittliche Längensteigerung von Laichpoche zu Laichpoche

	\bar{l}_{σ} (cm)	\bar{l}_{φ} (cm)	Steigerung (cm)	
			σ	φ
Laichpoche I März	12,40	10,73		
Laichpoche II Aug.	13,94	12,58	1,54	1,85
Laichpoche III Nov.	14,24	12,74	0,30	0,16

Tabelle 13: Mittleres Gewicht pro Zone und Monat

Monat	Zone	durchschn. Gewicht (g)	Monat	Zone	durchschn. Gewicht (g)
Januar	1	24,97 (n= 64)	Juli	1	38,31 (97)
	2	39,74 (627)		2	35,35 (198)
	3	42,96 (377)		3	22,61 (775)
	4	19,74 (1331)		4	29,54 (228)
	5	33,49 (447)		5	33,35 (86)
	6	50,55 (93)		6	63,13 (107)
	7	28,55 (77)		7	24,48 (489)
Februar	1	29,03 (92)	August	1	41,15 (112)
	2	50,66 (65)		2	42,14 (141)
	3	43,65 (416)		3	43,49 (138)
	4	27,00 (859)		4	60,67 (151)
	5	36,33 (218)		5	62,40 (70)
	6	24,14 (751)		6	72,22 (94)
	7	42,74 (451)		7	39,66 (383)
März	1	33,12 (118)	Septem.	1	38,23 (128)
	2	52,30 (33)		2	36,58 (125)
	3	32,17 (543)		3	33,18 (958)
	4	20,34 (1978)		4	32,64 (112)
	5	42,57 (105)		5	32,39 (23)
	6	38,40 (235)		6	35,51 (57)
	7	39,52 (1060)		7	26,74 (345)
April	1	35,22 (122)	Oktober	1	27,00 (12)
	2	38,06 (56)		2	28,00 (47)
	3	21,50 (163)		3	35,28 (169)
	4	34,50 (243)		4	27,41 (327)
	5	41,00 (21)		5	27,69 (79)
	6	39,81 (31)		6	30,65 (105)
	7	23,54 (352)		7	32,04 (112)
Mai	1	39,38 (127)	Novem.	1	62,26 (17)
	2	20,82 (347)		2	84,50 (35)
	3	28,07 (329)		3	38,35 (480)
	4	23,18 (2743)		4	50,21 (27)
	5	22,20 (227)		5	67,40 (24)
	6	16,57 (593)		6	43,41 (82)
	7	16,04 (808)		7	51,72 (293)
Juni	1	62,90 (74)	Dezember	1	55,37 (16)
	2	34,70 (175)		2	53,78 (28)
	3	31,04 (808)		3	36,76 (408)
	4	16,81 (670)		4	40,21 (636)
	5	26,26 (144)		5	44,81 (34)
	6	32,95 (110)		6	64,05 (81)
	7	22,98 (409)		7	61,28 (103)

Tabelle 14: Durchschnittsgewicht pro Monat

Monat	Durchschnittsgewicht (g)
Januar	34,28
Februar	36,22
März	36,92
April	33,38
Mai	23,76
Juni	32,52
Juli	35,25
August	51,68
September	33,61
Oktober	29,72
November	56,84
Dezember	50,89
\bar{p}	37,92

keine saisonbedingten Änderungen unter tropischen Verhältnissen gibt, aber sie sind nicht so drastisch. Man muß nichtperiodische Einflüsse auf das Wachstum, wie z.B. das Ablachen in unserem Falle, das von Individuum zu Individuum unterschiedlich oft geschieht, trennen können von immer wiederkehrenden jährlichen Einflüssen, die sich auf den Schuppen oder Otolithen als verwertbare Ringe abzeichnen.

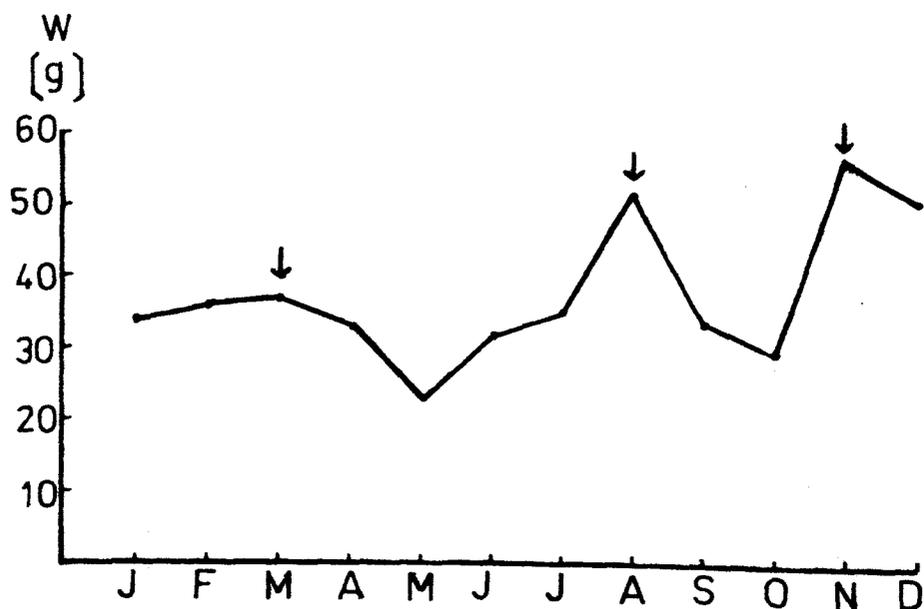


Abb. 13 : Durchschnittliches Gewicht (W) von Tilapia rendalli (Pfeile bezeichnen erhöhte Laichaktivität)

4.4.1. Petersen-Methode (Versuch)

Die Petersen-Methode kann im allgemeinen nur bei Arten angewandt werden, die definierte Reproduktionsperioden aufweisen. Bei den Cichliden hat Iles (1971) eine Altersbestimmung mit der Petersen-Methode bei Haplochromis virginalis durchgeführt, welche eine feste Reproduktionsphase haben. Versuche bei Tilapia esculenta im Victoria-See (Garrod, 1959) gaben schlechte Resultate.

Tilapia rendalli im Lago Sauce hat keine definierten Reproduktionsperioden. Sie laichen das ganze Jahr über und steigern die Reproduktionsrate wie in Kap.3.6.4. dargestellt nur, wenn eine trocknere Periode vorhergeht und dann die Temperatur steigt.

Außerdem findet man in den befischten Uferzonen je nach Laichaktivität auch eine völlig andere Längenzusammensetzung, da dann größere Individuen ins Laichgebiet wandern. So zeigt dann auch die Abb. 12 der Häufigkeitsverteilung in Zone IV keine interpretierbaren Längenmaxima, ebensowenig wie die anderen Zonen, die hier nicht mehr dargestellt werden.

4.4.2. Altersbestimmung durch Schuppenringe

In der Literatur werden unterschiedliche Hartteile bei Tilapia zur Altersbestimmung verwandt. Deshalb wurden in den ersten 2 Monaten sowohl Schuppen als auch Otolithen und Operkelknochen gesammelt. Sobald in den Voruntersuchungen brauchbare Ringbildungen auf den Schuppen festgestellt worden waren, wurden nur diese noch gesammelt. Die Auswertung erfolgte durch Herrn R. Castellanos (1978).

Man kann verschiedene Typen von Ringbildung erkennen, durchgezogene, komplette Ringe und unkomplette, ange-

deutete Ringe zwischen jenen. Letztere wurden als Laichringe interpretiert. Während der Laichzeit ist also das Wachstum der Tilapia gestört. Ungefähr 70% der Schuppen wiesen gut lesbare Ringe auf. Die Zählung der echten Ringe ergab die Tab. 15. Bis zu 8 Ringe bei den Männchen und bis zu 5 bei den Weibchen wurden gezählt. Danach wurden die mittleren Längen pro Ringanzahl bestimmt (Tab. 16). Es zeigt sich, daß die Weibchen am Anfang im Durchschnitt größer sind als die Männchen.

Die Frage war, wieviele Ringe pro Jahr gebildet werden. Deshalb wurde der Abstand zum Rand der Schuppe vom letzten wirklichen Ring aus gemessen. Dabei mußten natürlich Unterschiede je nach Anzahl der bereits vorhandenen Ringe gemacht werden, da der Abstand von Ring zu Ring schwankt und man nach 4 oder 5 Ringen nicht den gleichen marginalen Zuwachs wie nach einem Ring erwarten kann (Tab. 17). Diese Ergebnisse basieren auf 890 Schuppenmessungen. Mittelt man die marginalen Zuwachszonen der Schuppen von den Längengruppen 80 - 110 mm in den verschiedenen Monaten, so zeigt sich, daß die Zuwachszone besonders groß in den Monaten Januar und Juni ist (Tab. 18). In diesen Monaten bzw. unmittelbar danach muß sich jeweils ein neuer Ring gebildet haben. Zwei Ringe bedeuten also 1 Jahr. So erhält man als maximales Alter in den Fängen bei den Männchen 4 Jahre und bei den Weibchen zweieinhalb Jahre. Nur ein einziges Mal wurde ein Männchen von 30,7 cm gefangen, welches etwa 13 Ringe aufwies, also sechs-einhalb Jahre alt war.

Tabelle 15 : Ringbildung

Totallänge (mm)	Anzahl Ringe ♂								Anzahl Ringe ♀					Anzahl Ringe ♂ + ♀							
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	8
70 - 79	1								1					2							
80 - 89	12	3							6					18	3						
90 - 99		6							5	1	1			5	7	1					
100 - 109	6	3							2	2	1			8	5	1					
110 - 119	6	2	2						7	3	4			13	5	6					
120 - 129	4	1							6	2	3			10	3						
130 - 139	2	5	2						3	1				2	8	3					
140 - 149	2	8							4					2	12						
150 - 159		1							2	1				3	1						
160 - 169	2								1	1				3	3						
170 - 179		2							2					2	1						
180 - 189		1	7						1	7				3	1						
190 - 199		1	3						1	3				1	2						
200 - 209		1	2						1	2				1	1						
210 - 219		1	1						1	1				1	1						
220 - 229		1	1						1	1				1	1						

Tabelle 16 : Durchschnittliche Länge pro Ring

Ring	Männchen								Weibchen				
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5
mm	95,6	106	131	146,3	181,5	188,5	211,5	219	97,8	115,3	118,5	147,8	159
Zuwachs:	10,4	25,0	15,3	35,2	7	23	7,5		17,5	3,2	29,3	11,2	

Tabelle 17: Abstandsmessungen in Okulareinheiten der Schuppenringe

Anzahl Ringe	Abstand Zentrum Randring	Marginale Zuwachszone
1	3,4	3,4
2	4,6	1,2
3	5,9	1,3
4	7,5	1,6
5	8,4	0,9
6	9,1	0,7
7	9,3	0,2

Tabelle 18: Marginaler Zuwachs (in Okulareinheit)

Monat	Marginale Zuwachszone
Januar	1,53 ←---
Februar	0,70
März	0,72
April	0,92
Mai	0,95
Juni	1,14 ←---
Juli	0,64
August	0,76
September	0,54
Oktober	0,51
November	0,81
Dezember	0,58

4.5. Wachstum

Außer klimatischen Veränderungen, die sich im Lago Sauce in einer regenreicheren und einer regenärmeren Zeit ausdrücken, können andere Faktoren Einfluß auf das individuelle Wachstum haben. Das soll im folgenden behandelt werden.

4.5.1. Einfluß von Ausscheidungsprodukten auf das Wachstum

Unter anderen untersuchte Kawamoto (1961) den Einfluß von Ausscheidungsprodukten auf das Wachstum von

Karpfen und Goldfischen in Teichen. Er stellte fest, daß erhöhte Ammoniumchloridkonzentrationen im Wasser den Fisch zu erhöhtem Sauerstoffverbrauch zwingt. Vor allem bei höheren Temperaturen setzte dieser Effekt ein. Aber man darf nicht verkennen, daß es sich hierbei um sehr hohe Besatzdichten handelt, die im Lago Sauce nicht annähernd erreicht werden.

4.5.2. Einfluß des Raumbfaktors auf das Wachstum

Andere Autoren, z.B. Willer und Schnigenberg (1927), hielten die äußeren Bedingungen durch großen Wasserdurchfluß konstant, nur der Raum pro Individuum wurde variiert. Sie stellten fest, daß ein "Raumbfaktor" das Wachstum beeinflusste. Chen und Prowse (1964) konstatierten, daß Tilapia mossambica-Hybriden (nur Männchen) unterschiedliches Wachstum bei unterschiedlicher Teichgröße hatten. In größeren Teichen wurde größeres Wachstum festgestellt. Sie nannten dies den "living-space" - Effekt. Als mögliche Erklärung führten sie eine Aggressionsreaktion der Fische an, besonders bei Cichliden, die ihre Nestterritorien verteidigen müssen. Man kann sich deshalb leicht vorstellen, daß in dichtbevölkerten Teichen und Seen die Fische viel Energie verbrauchen durch ihre Aggressions- und Fluchtreaktionen. Die Verhaltensstudien der nestbauenden und brütenden Tilapia im Lago Sauce bestätigen, daß diese sehr energieverbrauchend leben.

4.5.3. Längenwachstum

Wir konstruieren zuerst die Längenwachstumskurve für die jährlichen Durchschnittslängen getrennt für Weibchen und Männchen, da unterschiedliches Wachstum

vorliegt (Abb. 14). Die Zuwachsrate bei den Männchen beträgt nach dem ersten Jahr (AGI) 40,3 mm, dann steigt sie an auf 42,2 mm (AGII) und fällt vom 3. zum 4. Jahr auf 30,5 mm (AGIII) (Tab. 19).

Tabelle 19: Jährlicher Zuwachs

Männchen		Weibchen	
2. Jahr	40,3 mm	2. Jahr	32,5 mm
3. Jahr	42,2 mm	3. Jahr	(11,2) mm (halbes Jahr)
4. Jahr	30,5 mm		

Das scheint seltsam im Vergleich mit den Wachstumskurven anderer Arten, aber bei Tilapia galilaea in ägyptischen Teichen ist auch ein größerer Längenzuwachs erst nach dem ersten Jahr festzustellen (Koura et al., 1958). Sie wachsen im ersten Jahr 83 mm, danach 133 mm. Auch Tilapia nilotica zeigt das gleiche Phänomen (Koura et al., 1958).

Es ist bekannt, daß Tilapia-Populationen immer die Fähigkeit behalten, bei günstigen Umweltbedingungen ihr Wachstum zu beschleunigen. Man könnte also das unterschiedliche Wachstum von Altersgruppe zu Altersgruppe damit in Verbindung bringen, daß in den verschiedenen Jahren unterschiedlich gute Wachstumsbedingungen vorlagen.

Beim Auftragen der durchschnittlichen Längen gegen die einzelnen Ringe wird noch viel deutlicher, welchen Einfluß die Umwelt auf das Wachstum hat (Abb. ¹⁵). Man erkennt saisonales Wachstum sowohl bei Männchen als auch bei Weibchen. Jeweils ein halbes Jahr gibt es schnelleres und dann ein halbes Jahr langsames

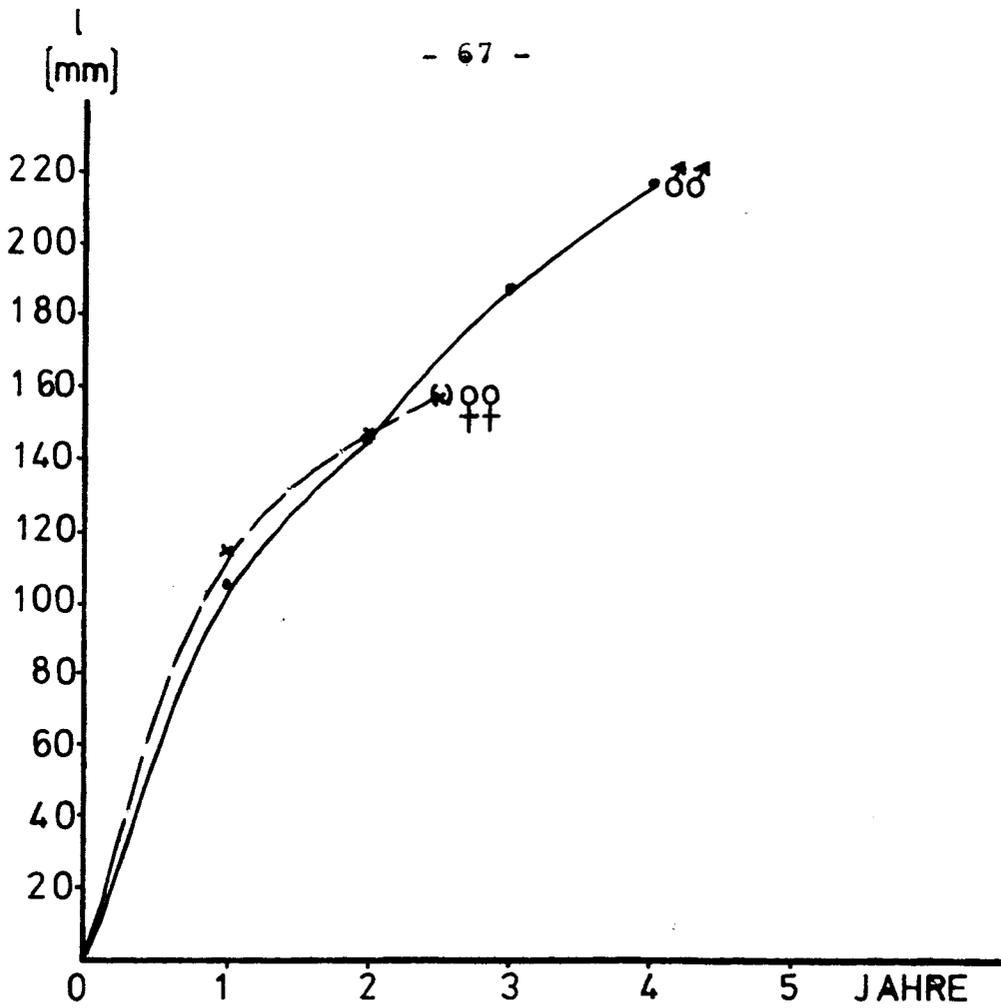


Abb. 14 : Längenwachstum

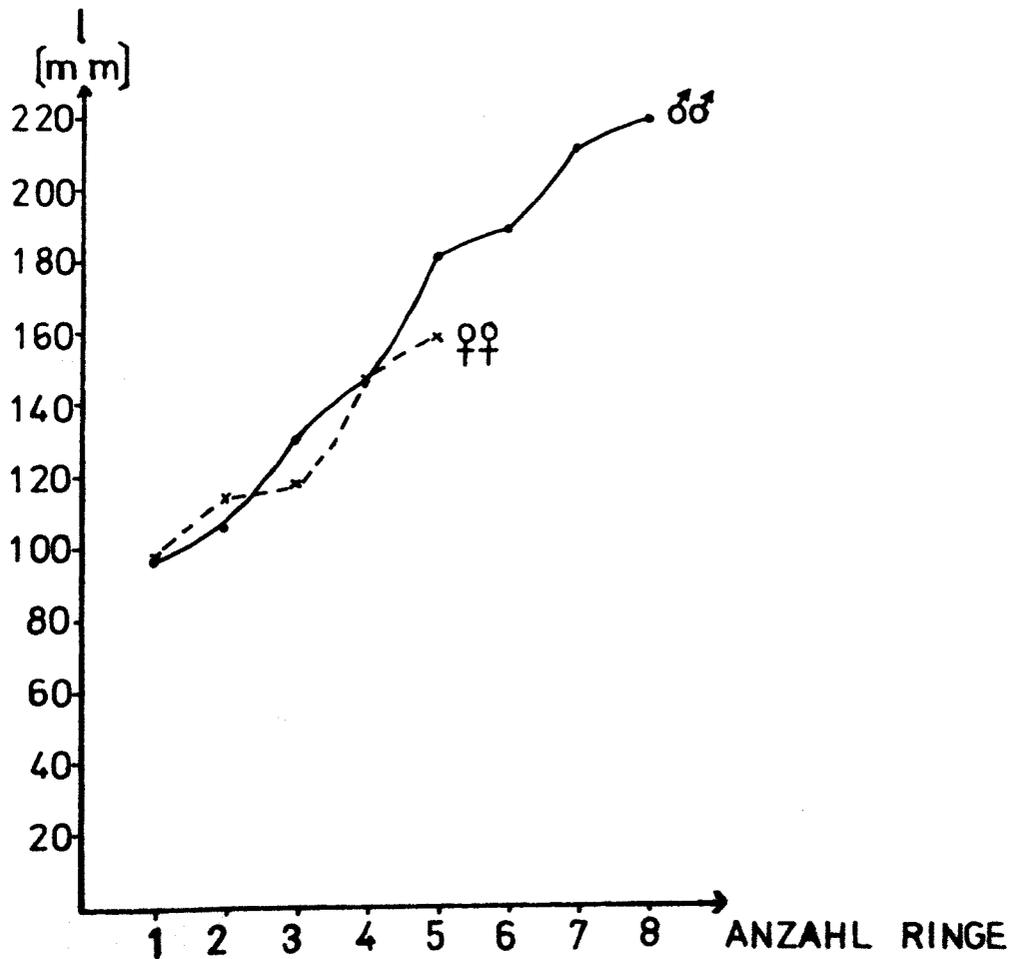


Abb. 15: saisonales Wachstum (halbjährlich)

Wachstum. Die Periodizität des Wachstums ist allerdings bei den beiden Geschlechtern gegenläufig. Eine Erklärung dafür kann nicht gegeben werden. Eventuell spielt aber die Gonadenproduktion eine Rolle.

Eine genauere Untersuchung dieses Problems wäre nötig. Die Kurve des jährlichen Längenwachstums bei Tilapia rendalli zeigt, daß das Wachstum nach dem 1. Jahr fast linear verläuft und nicht wie die typische von Bertalanffy-Kurve. Der Versuch, trotzdem die Parameter k , t_0 und L_∞ auszurechnen, ergab wegen der Steilheit der Wachstumskurve keine brauchbaren Werte. Das L_∞ war unrealistisch hoch.

Unter guten Teichbedingungen wächst Tilapia rendalli 14 cm (50 g) in den ersten 6 Monaten und erreicht 20 cm (150 g) nach 10 - 11 Monaten. Als Maximallänge gibt Chimits (1955) 40 cm (1.300 g) an.

4.6. Gewichtswachstum

Unter Zuhilfenahme der Längen-Gewichtsrelation (Kap. 4.3.2.) kann man das Gewichtswachstum berechnen. Dann folgt für die berechneten Durchschnittsgewichte pro Ring:

Tabelle 20: Durchschnittliches Gewicht pro Ring

Anzahl Ringe	Männchen		Weibchen	
	Länge (cm)	Gewicht (g)	Länge (cm)	Gewicht (g)
1	95,6	17,43	97,8	19,09
2	106	23,91	115,3	31,28
3	131	45,70	118,5	33,96
4	146,3	64,08	147,8	65,89
5	181,5	123,95	(159)	(82,04)
6	188,5	139,17		
7	211,5	197,95		
8	219	220,22		

Der Kurvenverlauf wird in Abb. 16 dargestellt.

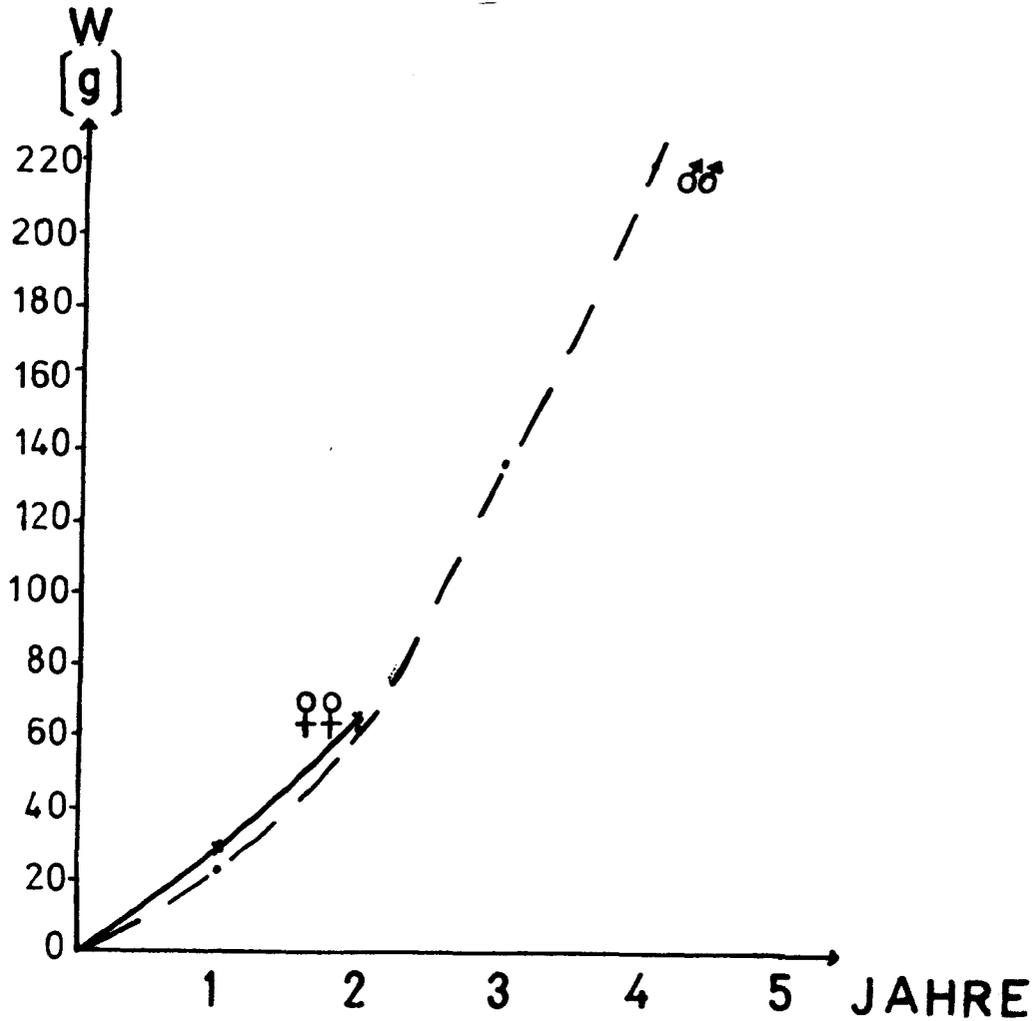


Abb 16: Gewichtswachstum

Es zeigt sich, daß die Weibchen bei gleichem Alter fast immer schwerer sind als die Männchen, auch ohne Berücksichtigung der Gonaden. Aber da die Männchen älter werden, erreichen diese insgesamt ein höheres Gewicht mit etwa 215 g bei 4 Jahren. Das Durchschnittsgewicht des gesamten Fanges des Jahres 1976 liegt bei nur 37,92 g.

4.7. Altersstruktur der Population

Aus der Längen-Häufigkeitsverteilung für insgesamt fast 7.000 Fische unter Nicht-Berücksichtigung der

Größen bis 7 cm ergibt sich folgende prozentuale Verteilung der einzelnen Längenklassen: (Tab. 21 und Abb. 17).

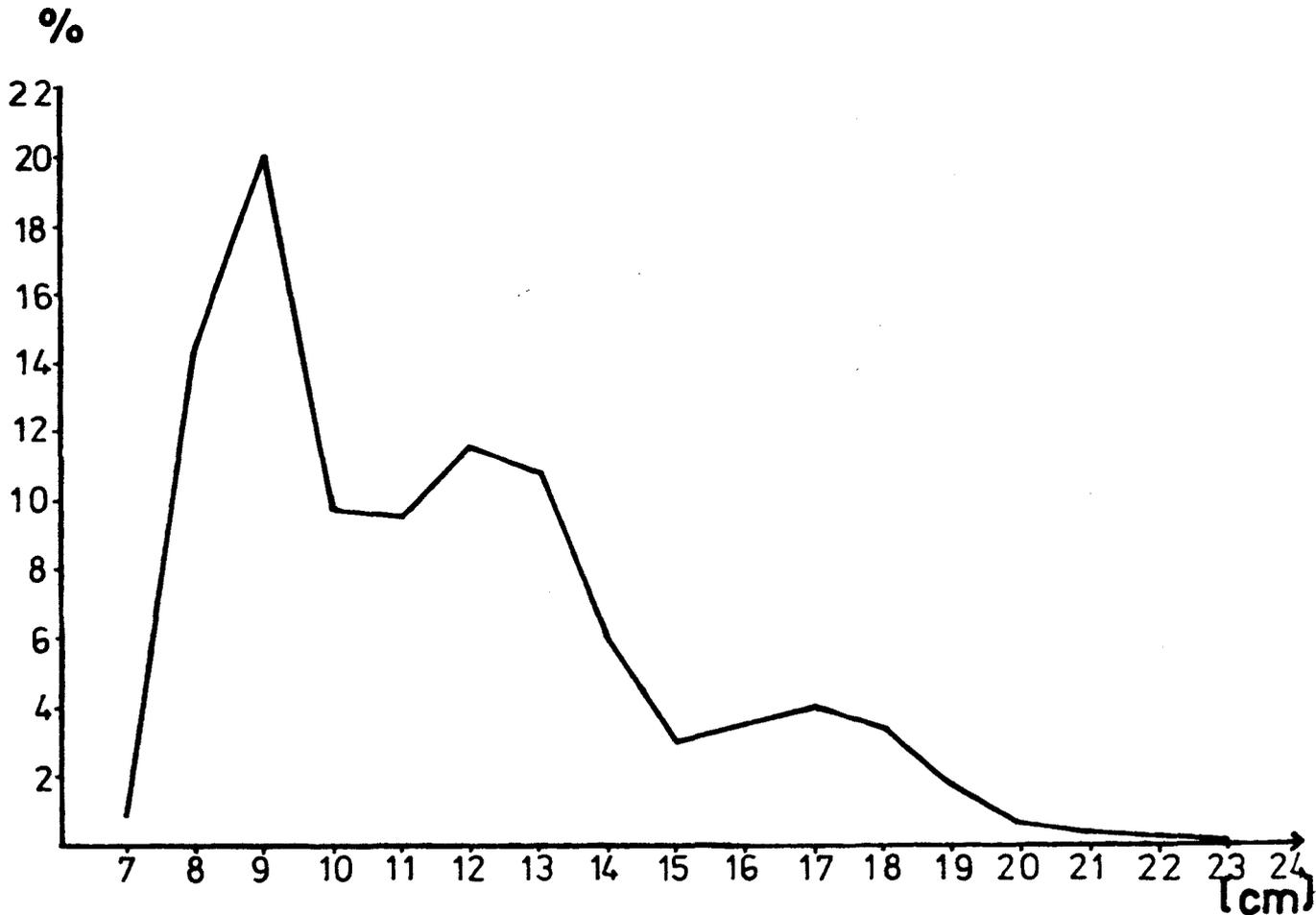


Abb.17: Längen-Häufigkeitsverteilung für alle Fischereistationen und alle Monate

In der Altersklasse 0 befinden sich sowohl bei den Männchen als auch bei den Weibchen fast 65% des befischten Bestandes. Die Altersklasse I umfaßt bei den Männchen

Tabelle 21: Prozentuale Verteilung der einzelnen Längenklassen

Länge (cm)	Männchen (%)			Weibchen (%)		
	AK 0	AK I	AK II	AK 0	AK I	AK II
7,0-7,9	0,88	0,88		0,8	0,8	
8,0-8,9	14,4	14,4		16,1	16,1	
9,0-9,9	20,0	20,0		22,3	19,1	3,2
10,0-10,9	9,7	9,7		8,4	6,7	1,7
11,0-11,9	9,5	7,6	1,9	10,8	7,7	3,1
12,0-12,9	11,5	9,2	2,3	19,2	14,4	4,8
13,0-13,9	10,8	2,4	8,4	13,3		13,3
14,0-14,9	6,8		6,8	5,3		5,3
15,0-15,9	3,0		3,0	1,9		1,3
16,0-16,9	3,5		3,5	1,2		0,6
17,0-17,9	4,0		4,0	0,5		0,5
18,0-18,9	3,4		3,4	0,1		0,1
19,0-19,9	1,7		1,7	0,05		0,05
20,0-20,9	0,6		0,2			
21,0-21,9	0,4		0,4			
22,0-22,9	0,3		0,3			
23,0-23,9	0,06		0,06			
24,0-24,9	0,06		0,06			

AK	Männchen (%)	Weibchen (%)
0	64,18	64,8
I	25,1	33,3
II	9,3	1,85
III	1,22	

nur noch 25,1%, bei den Weibchen 33,3%; die Altersklasse II umfaßt bei den Männchen 9,3%, bei den Weibchen 1,85%. Mehr als 3 Jahre alt werden nur 1,22% der Männchen.

4.8. Gesamtsterblichkeit

Die Befischung durch die verwendeten Netze setzt anscheinend erst bei 9 cm und mehr voll ein. Denn gerade die kleineren Tilapia sind ja im Ufergebiet vorhanden, aber nur mit geringer Prozentzahl in der Längen-Häufigkeitsverteilung. Man kann eine Gesamtmortalität aus der prozentualen Abnahme von Altersklasse zu Altersklasse bestimmen. Mit der unten benutzten Formel wurde die Gesamtmortalität unter Ausschluß der weniger als 7 cm messenden Fische berechnet:

$$\frac{N_t}{N_0} = e^{-zt} = S$$

S = Überlebensrate
Z = Koeffizient der Gesamtsterblichkeit
t = Zeitpunkt
N_t = relative Häufigkeit an 2 aufeinanderfolgenden Zeitpunkten
N₀ =

$$Z = - \ln \frac{N_t}{N_0}$$

Tabelle 22: Überlebensrate und Gesamtsterblichkeit

Männchen	AK 0(7cm)	AK I	AKII	AKIII	
%	64,2	25,1	9,3	1,3	
S		0,39	0,37	0,13	
Z		0,94	0,99	2,04	$\bar{Z} = 1,32$
<hr/>					
Weibchen	AK 0(7cm)	AK I	AKII		
%	64,8	33,3	1,85		
S		0,51	0,056		
Z		0,67	2,88		$\bar{Z} = 1,78$
<hr/>					
					$\bar{Z} = 1,55$

4.8.1. Schätzung der abgelaichten Brut zur Bestimmung eines neuen Z

Im Durchschnitt laichen etwa 12% des Gesamtbestandes, das bedeutet etwa 135.600 Tilapia pro Jahr. Davon sind aber nur 20% laichreife Männchen. Bei der Beschreibung des Brutverhaltens war schon erwähnt worden, daß ein Männchen mehrere Weibchen abweist bis es schließlich eins auswählt und mit dem Nestbau beginnt. Die überzähligen Weibchen kommen offensichtlich nicht zum Ablai-chen. Dies wiederum bedeutet, daß etwa 27.000 Nester pro Jahr konstruiert werden mit ungefähr je 1.000 Eiern. Das wäre, vorausgesetzt, daß alle Eier sich zu Jungfischen entwickeln, eine Produktion von 27 Mill. Jungfischen, die im ersten Lebensjahr einer großen natürlichen Sterblichkeit unterliegen.

Die neuen Werte für Z sehen dann wie folgt aus:

Tabelle 23 : Überlebensrate und Gesamtsterblichkeit (einschließlich Jungfische)

Männchen	AK 0	AK I	AK II	AK III	
%	98,3	1,2	0,44	0,06	
S		0,012	0,37	0,13	
Z		4,42	0,99	2,04	$\bar{Z} = 2,48$

Weibchen	AK 0	AK I	AK II	
%	98,3	1,6	0,09	
S		0,016	0,056	
Z		4,14	2,88	$\bar{Z} = 3,51$

$\bar{Z} = 3,00$

Die juvenile Sterblichkeit (AK 0) für Männchen und Weibchen ist etwa gleich. Nach dem zweiten Jahr sterben dann die Weibchen in sehr viel höherem Maße (Z = 2,88) als die Männchen (Z = 0,99). Auch im Durchschnitt liegt

die Sterblichkeit der Weibchen viel höher. Nur 1,7% der abgelaichten Eier entwickelt sich und wird älter als ein Jahr und nur etwa 0,1% der Weibchen wird älter als zwei Jahre. Das heißt, daß die Tilapia im Lago Sauce einer sehr hohen Gesamtmortalität ausgesetzt sind, sei es durch natürliche Faktoren (z.B. Sauerstoffdefizit, Räuber) oder durch die Fischerei. Und so ergibt sich die unvorteilhafte Altersstruktur der Population.

4.9. Biomassenbestimmung, Vergleich von 4 verschiedenen Methoden

Die Frage danach, wie sich der 1968 eingesetzte Tilapia-Bestand entwickelt hatte, war das Hauptmotiv des Fischereiministeriums für das Projekt. Die Aufgabe sollte nach dem ursprünglichen Arbeitsplan mit der "swept-area" (= befischtes Gebiet) -Methode gelöst werden, indem mit der Strandwade ein Jahr lang in den 7 verschiedenen Fangzonen gefischt wurde. Dieser relativ lange Zeitraum war nötig, weil das Zentrum des Sees mit den vorhandenen Fanggeräten kaum erfaßt werden konnte und man jahreszeitlich bedingte andersartige Verteilung der Tilapia nicht ausschließen konnte.

Um kostensparende Wege zur Biomassenbestimmung zu suchen, wurden im Laufe des Jahres noch 3 weitere Methoden erprobt:

- Echolotung (mit Hilfe der FAO)
- Akkumulative Fischerei nach DeLury
(Laurant et al., 1975)
- Markierung

Die Ergebnisse der 4 Methoden wurden verglichen.

4.9.1. Bestimmung der Biomasse nach dem "befischten Gebiet"

Jeden Monat des Jahres 1976 wurde in den 7 ausgewähl-

ten Fischereizonen möglichst gleiche Areale befischt, um vom Fang in diesem Areal auf den gesamten See zurückzuschließen. Die Tabelle 24 zeigt die Anzahl der mit 1 Hol gefischten Tilapia pro Monat und Zone, sowie deren Mittel (Abb. 18).

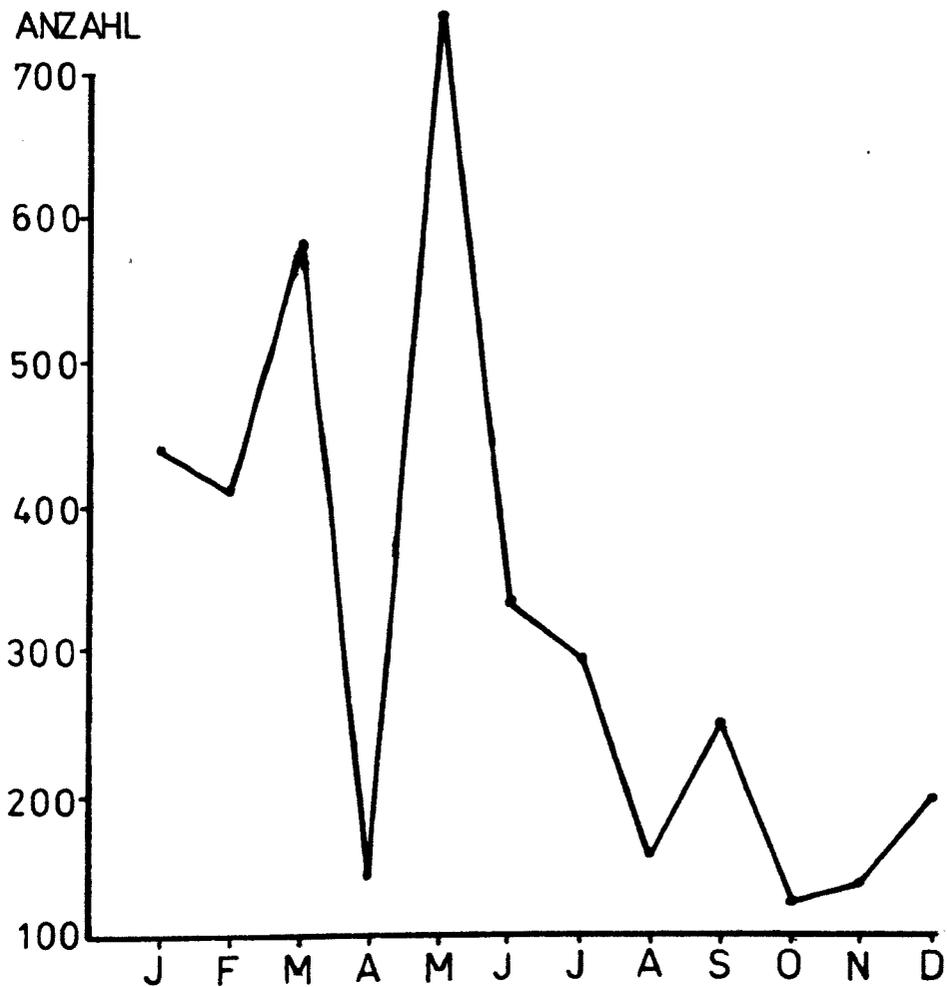


Abb. 18 Durchschnittliche Anzahl der gefangenen Fische pro Monat

Tabelle 24 : Strandwadenfänge von *Tilapia rendalli* pro Monat und Zone

Zone	I	II	III	IV	V	VI	VII	Mittel
Jan.	64	627	377	1331	447	93	77	430,86
Febr.	92	65	416	859	218	751	451	407,43
März	118	33	543	1978	105	235	1060	581,71
April	122	56	163	243	21	31	352	141,14
Mai	127	347	329	2743	227	593	808	739,14
Juni	0	175	808	670	144	110	409	330,86
Juli	97	198	775	288	86	107	489	291,43
Aug.	112	141	138	151	70	94	383	155,57
Sept.	128	125	958	112	23	57	345	249,71
Okt.	12	47	169	327	79	105	112	121,57
Nov.	17	35	480	27	24	82	293	136,85
Dez.	16	28	408	636	34	81	103	186,57
Mittel	75,4	156,4	463,7	780,4	123,2	194,9	406,8	314,11

Tabelle 25 : Gesamtanzahl von *Tilapia* pro Monat, berechnet nach Strandwadenfängen

Monat	Gesamtanzahl
Januar	1.548.000
Februar	1.461.808
März	2.090.350
April	506.425
Mai	2.645.242
Juni	1.188.842
Juli	1.045.175
August	560.300
September	897.917
Oktober	438.183
November	492.058
Dezember	671.642
Mittel	1.129.579

Das befischte Areal war jeweils etwa 1.000 m^2 groß, der gesamte See hat $4,31 \times 10^6 \text{ m}^2$ Oberfläche. Unter der Annahme, daß 100% der Population im Areal gefangen wurden, berechnete man die Gesamtzahl an Fischen im See für die verschiedenen Monate (Tabelle 25). Das gab im Mittel für alle Zonen und Monate $1,13 \times 10^6$ Individuen, das entspricht $0,26 \text{ Tilapia pro m}^2$. Die höchste Dichte hat die Zone IV mit $0,65 \text{ Tilapia pro m}^2$ (Tabelle 26).

Tabelle 26: Durchschnittliche Anzahl an Tilapia pro m^2

<u>Zone</u>	<u>Fische/ m^2</u>
I	0,06
II	0,13
III	0,39
IV	0,65
V	0,12
VI	0,16
VII	0,34
Mittel	0,26

Man hat angenommen, daß die Verteilung im See dem Mittel der 7 Zonen entspricht, aber man weiß, daß es am Rand des Sees, das heißt im Bereich der Fischerei, eine größere Konzentration gibt. Damit würde man die Population überschätzen. Aber auf der anderen Seite gibt es eine Unterschätzung, da die Strandwade nicht 100% der vorhandenen Fische fängt. Durch Verluste beim Handhaben des Netzes und die Flucht von Fischen aus der Fangzone kann man schätzen, daß etwa 20% weniger gefangen wird, als vorhanden, nach Meinung der Fischereihilfen. Das würde die geringere Konzentration im Zentrum ausgleichen.

Gewichtsmäßig entspricht die obige Anzahl an Tilapia bei einem Durchschnittsgewicht von 37,92 g einer Gesamtmasse von 42,83 t. Das sind 9,86 g pro m². Vergleichbare Erträge gibt Van Someren et al. (1960, part III) für Monosexkulturen von Tilapia nigra an. Er sieht etwa 10 g/ m², allerdings bei Individualgewichten von 1 Pfund, als ideal an. Johnson (1959) gibt für verschiedene Tilapia-Arten (T. macrochir, T. melanopleura, T. nilotica) in Kulturen in Mauritius Ergebnisse von 250 g/ m² an, ohne zusätzliches Futter; allerdings wurde gedüngt.

Von der Biomasse her erreicht der Lago Sauce also Ergebnisse von Tilapia nigra in Monosexkulturen ohne Düngung und ohne zusätzliches Futter. Der Unterschied liegt im Individualgewicht, das bei Tilapia rendalli nur etwa 40 g ist.

4.9.2. Echolotung

Vom 26.10.76 - 29.10.76 wurde zum ersten Mal in einem lateinamerikanischen See eine Echolotung zur Bestimmung der Ichthyomasse mit Hilfe von zwei Experten der FAO Lima durchgeführt. Den technischen Teil betreute Bard Larsen und den biologischen Teil Daniel Bertone. Dabei wurde ein Prototyp der Adaptationseinheit, die gerade im Labor der FAO/NORAD/IMARPE gebaut worden war, ausprobiert.

Folgende Geräte wurden eingesetzt:

- 1) Echosonde Simrad EY (70 kHz)
- 2) Adaptationseinheit
- 3) Tonband Tandberg / Arrivox
- 4) Oszilloskop Tektronox Typ 323
- 5) 12-Volt Batterie

Um den See abzudecken, legte man mit einem kleinen Motorboot insgesamt 19.760 m zurück, indem man eine Zickzack-Strecke fuhr, die aus 19 Abschnitten bestand (Abb. 19). Als Orientierungspunkte nahm man bekannte Objekte am Ufer. Die Geschwindigkeit des Bootes wurde nachher mit 11 km/h berechnet.

Im folgenden werden die Ergebnisse, erarbeitet von Dr. Bertone (FAO, Lima 1976) dargestellt:

Die Methode der Arbeit bestand darin, fortlaufende Echogramme während der ganzen Fahrt zu erhalten und gleichzeitig die Information auf Magnetband aufzuspeichern unter Benutzung der Adaptationseinheit, die dafür entwickelt worden war. Danach sollte die Information durch einen Echointegrator QM ausgewertet werden. Da dieser aber im Gebrauch bei anderen Projekten war, wurde direkt durch Zählung ausgewertet (Abb. 20).

Es wurden 3 verschiedene Dichtezonen ermittelt (Abb. 21)

Dichtezone I	0,00 - 0,20	Fische/ m ²
Dichtezone II	0,20 - 0,40	Fische/ m ²
Dichtezone III	0,40	Fische/ m ²

Das mittlere Gewicht wurde aus einem Versuchsfang in der Zone III ermittelt: 0,028 kg. Daraus folgt die Tabelle 27.

Tabelle 27: Biomasse der *Tilapia rendalli* (Echolotung)

Dichtezone	Gebiet (m ²)	N ^o der Fische	Tonnen
I	0,11 3.065.750	337.232	9,4
II	0,25 1.159.750	289.937	8,1
III	0,55 82.500	45.375	1,3
Total	4.308.000	672.544	18,8

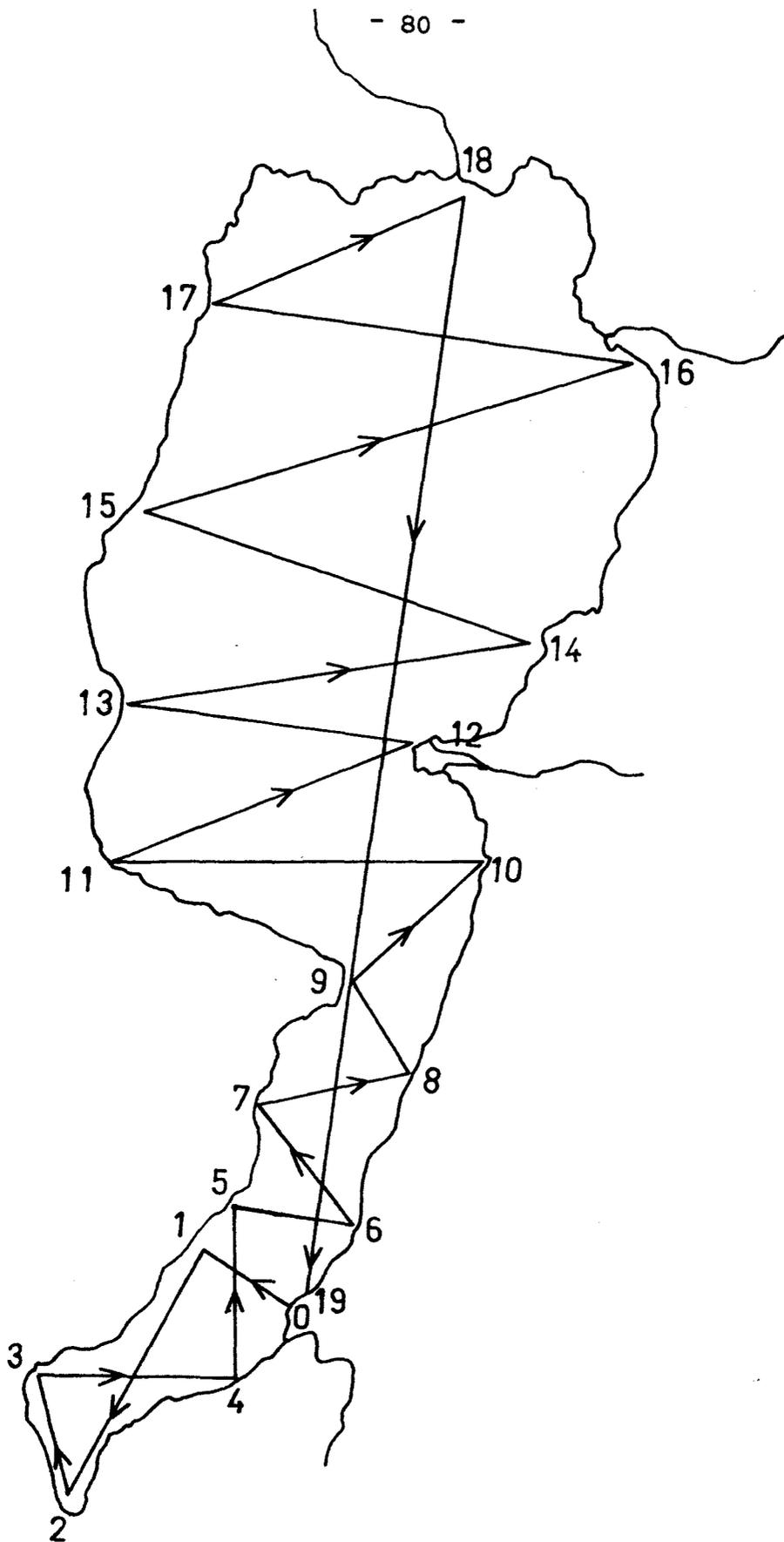


Abb. 19 : Zickzackstrecke der Echolotuntersuchung (FAO)

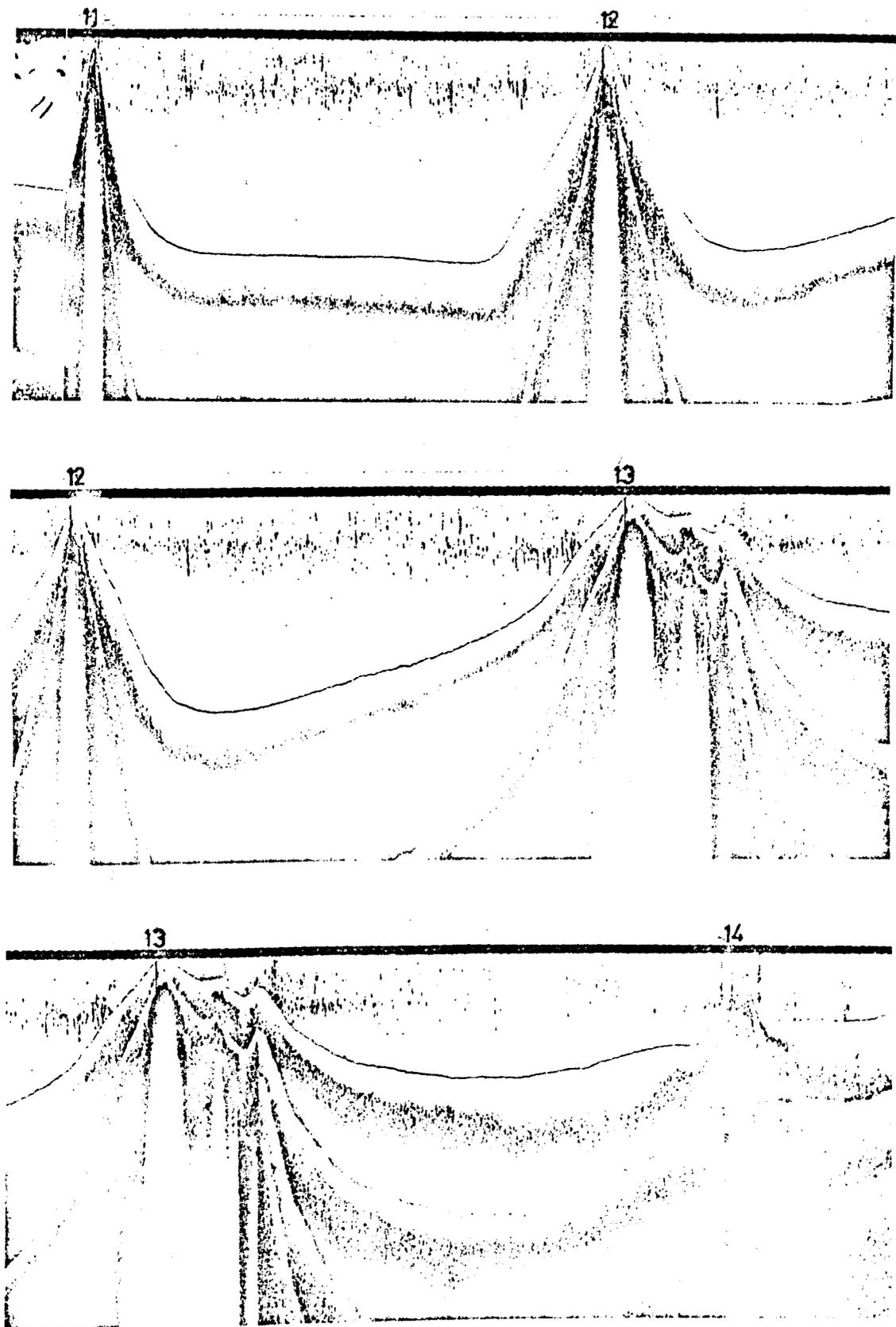


Abb. 20 : Echogramme von Tilapia rendalli im Lago Sauce

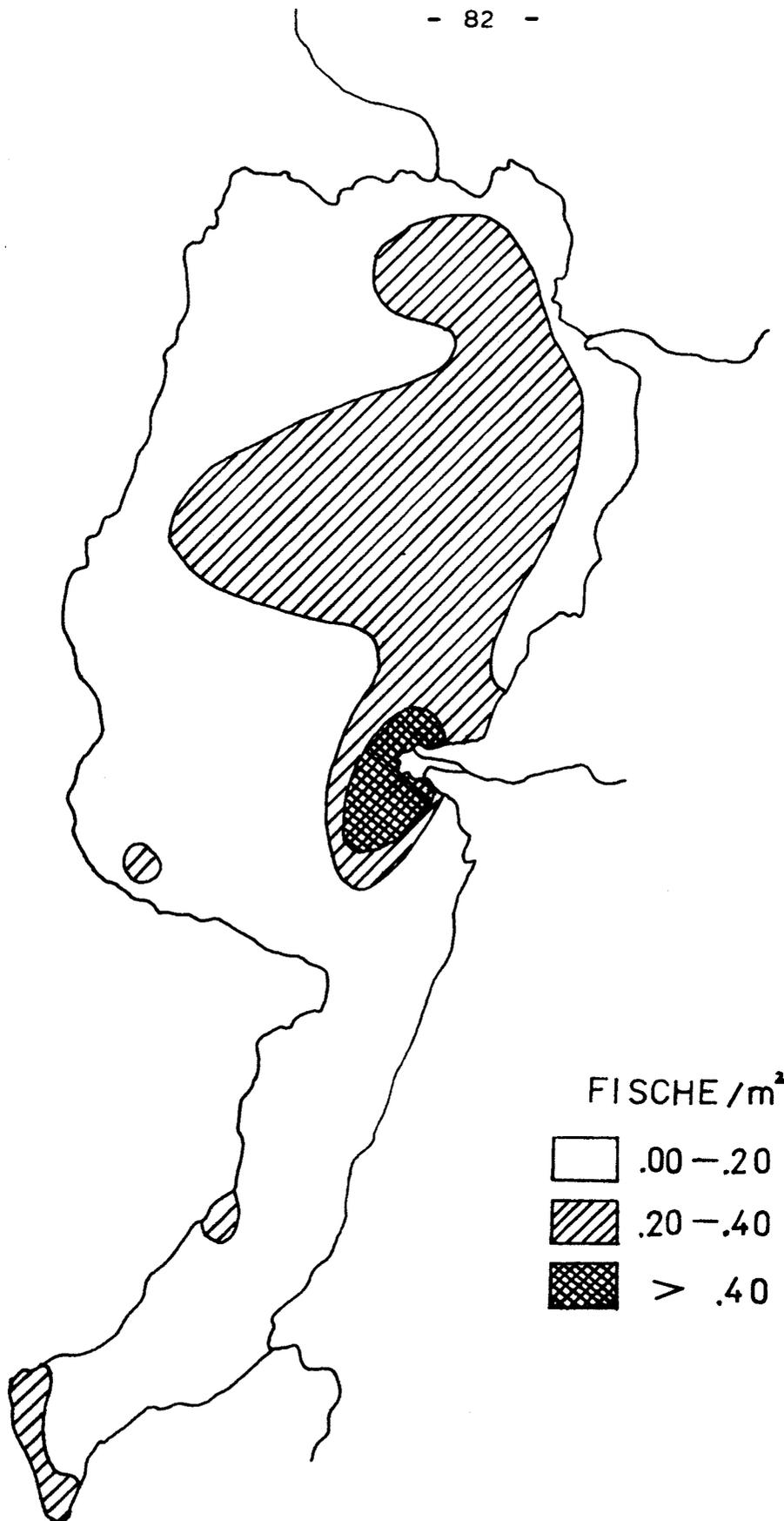


Abb. 21: Dichteverteilung der Tilapia rendalli im Lago Saucé (FAO)

Bertone (1976) schließt, daß die tragbare leichte und wenig Strom verbrauchende Ausrüstung sich als sehr brauchbar für die akustische Aufnahme von Seen erwies. Die individuelle Registrierung der Fische war zufriedenstellend, sogar in den Gebieten mit wenig Wassertiefe in der Nähe des Ufers. Um das Experiment zu komplettieren, ist es notwendig, einen tragbaren Kalibrierungsapparat für lebende Fische zu konstruieren, um eine Konstante für diese Tilapia-Art zu erhalten.

Ein interessanter Punkt in den Echolot-Untersuchungen ist, daß es Tilapia im ganzen See verstreut gibt mit einer höheren Konzentration an der Mündung des Rio Pucayacu. Nach persönlichen Beobachtungen während der Echolotaufnahme, ist die Barriere zwischen dem engen und weiten Teil des Sees ebenfalls eine Zone, wo eine größere Konzentration von Tilapia herrscht. Die Gründe dafür könnten sein, daß es an beiden Stellen eine höhere Nahrungskonzentration gibt; einmal die Einschwemmung durch den Fluß und im zweiten Fall durch Überschwappen des Tiefenwassers vom weiten Becken ins enge.

Die Hauptmasse der Fische im Zentrum des Sees befinden sich in einer Tiefe von ungefähr 10 m (Abb. 20). Auch diese Erkenntnis ist neu, denn die bisherigen für diesen Teil des Sees benutzten Fanggeräte (Angel und Wurfnetz) gelangen kaum in diese Tiefe. Daher sind die Fangmengen auch gering (Kap.5.6.).

Die Vermutung, daß es sich bei den Echogrammen um andere Arten wie Bufurqui (Aequidens vittatus) oder Mojarra (Astyanax bimaculatus) handelt, ist nach Bertone auszuschließen, da sie ein anderes Bild im Echogramm liefern würden. Außerdem werden so auch die lokalen

Wanderungen der Tilapia vom Seeufer weg belegt und die verschiedene Zusammensetzung am Ufer während der Laichzeit und die Abnahme der Anzahl von Tilapia in den Strandwadenfängen in den letzten Monaten des Jahres.

Echolotung bei Tilapia nilotica im Kivu-See in Afrika ist von Capart (1955) durchgeführt worden, wobei deren Aufenthaltstiefe und Verhalten erfaßt wurde, um der Fischerei Angaben zu machen.

4.9.2.1. Vergleich der Echolotung mit dem Ergebnis der Biomassenbestimmung in 4.9.1.

Während die erste Schätzung der Biomasse durch das "befischte Areal" fast 43 Tonnen für den gesamten See ergibt, erhält man aus der Echolotung nur 18,8 t. Dieser Unterschied in der Bestimmung der Biomasse resultiert aus folgenden Gründen:

1. Das Durchschnittsgewicht bei der Echolotung war nur mit 28 g angenommen worden, da als Grundlage dafür ein Fang aus der Fischereizone III des Monats Oktober zur Verfügung stand. Dieser Wert ist aber niedriger als der durchschnittliche Jahreswert (40 g). Wenn man letzteren Wert einsetzen würde in die Berechnung, erhielte man statt 18,8 t schon 25,5 t.
2. Außerdem glauben wir, daß die Dichte im Randgebiet des Sees höher angenommen werden muß. Aus technischen Gründen konnte nicht näher als 5 bis 10 m ans Ufer herangefahren werden. Deshalb müßte das Gebiet mit Konzentrationen von 0,25 und 0,55 angegeben werden nach den Ergebnissen der Strandwadenfänge. Bertone gibt die Dichte dort nur mit 0,11 an. Aber es wäre auf alle Fälle interessant und notwendig, diese Arbeit fortzusetzen, da die Echolotung bei weitem den wenigsten Zeitaufwand erfordert und mit der Auswertung mit Hilfe des Echointegrators auch präzisere Ergebnisse liefern würde.

4.9.3. Biomassenbestimmung durch akkumulative Fischerei (Methode DeLury)

4.9.3.1. Methode

Diese Methode besteht darin, daß man eine Anzahl von aufeinanderfolgenden Fängen in einer Fangzone durchführt und die Fänge nicht wieder ins Wasser entläßt. Ursprünglich wurde diese Methode von DeLury (1947) zur Untersuchung von Fischzuchtpopulationen benutzt. Eine Arbeit von Laurent und Lamarque (1975) greift die Methode auf und vergleicht sie mit der Markierungsmethode von Petersen. Sie erprobten die Methode mit 3 akkumulativen Fängen bei Tilapia nilotica und Tilapia-Hybriden im Itasy-See in Madagaskar.

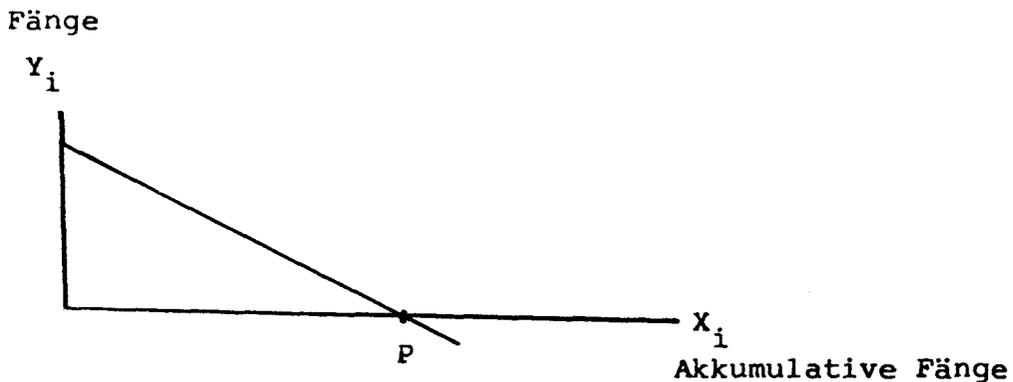
Die Basis für die Anwendung dieser Methode ist, daß erstens der Fangaufwand konstant sein muß, und es wird angenommen, daß während der Fänge keine Fische die Fangzone verlassen oder hineinschwimmen. In unserem Fall nehmen wir an, daß eine gleich große Anzahl an Tilapia, die vor dem Netz floh, während der Zeit, in der das Netz wieder zum Fang bereit gemacht wurde, erneut ins Fanggebiet zurückkehrte. Im Falle von 4 aufeinanderfolgenden Fängen muß man folgendes feststellen:

$$C_1 > C_2 > C_3 > C_4$$

C_1 = 1. Fang; C_2 = 2. Fang usw.

Für die Graphik stellt man auf:

X_i	Y_i
0	C_1
C_1	C_2
$C_1 + C_2$	C_3
$C_1 + C_2 + C_3$	C_4



Es resultiert eine Gerade mit der Biomasse (oder Anzahl) der Population

$$P = \bar{X} + \frac{\bar{Y}}{|b|}$$

Der Regressionskoeffizient b wird mit der Methode der kleinsten Quadrate berechnet, wobei die Einzel- fänge die Variablen Y und die akkumulativen Fänge die Variablen X bilden. Dann gilt:

$$b = \frac{1}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})} \cdot (X_i - \bar{X}) Y_i$$

Den Korrelationsfaktor berechnet man mit der Formel:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}) (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

Die Varianz von b ist:

$$\text{var } b = \left[\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 - \frac{[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}) (Y_i - \bar{Y})]^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \right] \cdot \frac{1}{(n-2) \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

Die Vertrauenswerte sind:

$$P_1 = \bar{X} + \frac{\bar{Y}}{b - 4,303 \sqrt{\text{var } b}}$$

$$P_2 = \bar{X} + \frac{\bar{Y}}{b + 4,303 \sqrt{\text{var } b}}$$

4.9.3.2. Ergebnisse

Die Biomassen der Tilapia rendalli in den Fische-reizonen III, V und VII im Monat Oktober sind fol-gende:

Zone III: P = 44,66 kg
 r = 0,933
 b = - 0,435
 var b = 6,067 10⁻³

Zone V : P = 3,98 kg
 r = 0,989
 b = - 0,49
 var b = 1,211 10⁻³

Zone VII: P = 10,5 kg
 r = 0,982
 b = - 0,453
 var b = 1,882 10⁻³

Tabelle 28: Biomasse der Tilapia rendalli nach der DeLury-Methode

Zone	C1	C2	C3	C4	r	b	var b	P	P1	P2	N1	N	N2
III	20,5	8,09	6,52	5,98	0,933	-0,435	6,06	44,66	-	-	-	-	-
V	1,9	1,12	0,38	0,29	0,989	-0,49	1,21	3,98	3,54	4,82	118	133	161
VII	4,8	2,28	1,89	0,58	0,982	-0,453	1,82	10,5	8,97	14,2	299	350	473

Im ersten Fall (Zone III) müssen wir das Ergebnis verwerfen, da der Korrelationskoeffizient zu niedrig ist. Im Falle von 4 aufeinanderfolgenden Fängen muß er größer als 0,975 sein.

Wir erhalten im Falle der Zone V als Ergebnis für den Monat Oktober 133 Tilapia, in der Zone VII 350 Tilapia rendalli, indem wir das Fanggewicht durch das Durchschnittsgewicht der Tilapia rendalli im Monat Oktober dividieren.

4.9.3.3. Vergleich mit der Methode des "befischten Areal"

Die Ergebnisse der monatlichen Fänge ergeben im Jahresdurchschnitt für die Zone V 123 Tilapia und für die Zone VII 403 Tilapia. Innerhalb der Vertrauensgrenzen (95%) P_1 und P_2 stimmen die Werte sehr gut mit der 1. Methode überein. In der Zone V befinden sich 0,11 Tilapia / m^2 und in der Zone VII 0,28 Tilapia / m^2 . Die vergleichbaren Ergebnisse der 1. Methode sind für die Zone V : 0,12 Tilapia / m^2 und für Zone VII : 0,34 Tilapia / m^2 . Nimmt man uniforme Verteilung im See an, errechnet sich aus Zone V eine Biomasse von 14,3 t und aus Zone VII eine Biomasse von 37,7 t.

Man kann also diese nicht sehr aufwendige Methode nach DeLury in Fällen wie dem Lago Sauce, der Fischteichbedingungen gleichkommt, anwenden, wenn man vorher die lokalen Dichteunterschiede in den einzelnen Fangzonen festgestellt hat. Man sollte dann in möglichst allen Fangzonen fischen. Um jahreszeitliche Schwankungen durch Laichwanderungen etc. aufzufangen, schlagen wir vor, diese Methode in verschiedenen Jahreszeiten zu wiederholen. Dies ist ökonomischer als die erste Methode.

4.9.4. Biomassenbestimmung durch Markierung

Im Juni des untersuchten Jahres wurde ein Markierungsexperiment vorbereitet, um Wanderungen, Längenwachstum und Biomasse festzustellen. Die dafür benötigten Marken wurden selbst hergestellt und waren vom Typ Atkins, das heißt, kleine Plastikscheiben mit einem Code zur späteren Identifizierung jedes Individuums. Die Marken wurden mit einem nichtrostenden Radiodraht etwa 1 cm unter der Rückenflosse befestigt. Dazu benutzte man Injektionsnadeln, in die der Draht eingefädelt wurde, so daß er ohne größere Schwierigkeiten durch das Fleisch gezogen werden konnte.

In jeder der 7 Fischereizonen wurden etwa 300 Tilapia markiert und ihre Totallänge gemessen. Es wurden insgesamt etwa 2.000 Fische markiert. Das Experiment ergab keine Resultate was das Längenwachstum und die Biomasse betrifft. Man konnte nur nachweisen, daß es Wanderungen von Individuen durch den ganzen See gibt. Obwohl die Bewohner des Dorfes Sauce über das Experiment aufgeklärt worden waren und Belohnungen für markierte zurückgebrachte Tilapia ausgesetzt worden waren, wurde nur folgende Rückfangquote erzielt, alle aus eigenen Versuchsfängen:

am 24.6.76 Zone V:
3 Tilapia aus der gleichen Zone
1 Tilapia markiert in Zone II
1 Tilapia markiert in Zone VI

Alle befanden sich in gutem Zustand und wurden in den See zurückgesetzt.

am 26.6.76 Zone VI:
1 Tilapia markiert in Zone V, mit angebissener Rückenflosse (tot)

am 26.6.76 Zone VII:

- 1 Tilapia aus der gleichen Zone, mit angebissener Rückenflosse (tot)
- 1 Tilapia aus der gleichen Zone in gutem Zustand, wurde in den See zurückgesetzt

In den weiteren Monaten des Jahres wurden keine markierten Fische mehr gefangen, weder in den Versuchsfängen noch von den Dorfbewohnern. Nach mündlichen Mitteilungen vom Stationschef der Fischereistation Sauce, Villareal, wurde Mitte des Jahres 1977 aber noch 1 Tilapia mit Marke in der Strandwade gefangen; der Fisch entkam dann allerdings aus dem Netz.

Man kann folgende Schlüsse aus dem Markierungsexperiment ziehen:

Obwohl die Sterblichkeit durch die Markierung selbst wahrscheinlich nicht sehr hoch gewesen ist, wie ein vorhergehendes Experiment in einem Teich der Fischereistation gezeigt hatte, scheinen die markierten Tiere im See doch einer gesteigerten Verfolgung durch Artgenossen ausgesetzt gewesen zu sein. Die angefressenen Rückenflossen sind ein Indiz dafür. Dann sind die markierten Tilapia sicher auch ins Zentrum des Sees abgewandert und eventuell ist auch ein Teil bei dem Massenfischsterben umgekommen. Überhaupt muß die große natürliche Sterblichkeit berücksichtigt werden.

Mit der Schätzung der Anzahl der Tilapia im See mit der 1. Methode kann man rückrechnen, welche Rückfängerwartung man bei etwa 2.000 markierten und einer Gesamtzahl von etwa 1.130.000 Fischen haben durfte. Danach konnte man für das restliche Jahr auch nur mit 18 Rückfängen rechnen, wenn alle sich weiterhin im Ufergebiet aufgehalten hätten. Es sind also zu wenig Fische markiert worden.

Ein Markierungsexperiment, das im Sibaya-See in Südafrika bei Tilapia mossambica durchgeführt wurde, gab auch keine befriedigenden Resultate (Bruton und Allanson, 1974). Markierung an den Operkelknochen von Tilapia esculenta im Victoria-See zeigte, daß diese Art der Markierung einen großen physiologischen Einfluß auf das Wachstum der Fische gehabt hatte; etwa 50% der zurückgefangenen zeigten sogar eine Reduzierung der Länge (Garrod, 1959). Ein mit ähnlichen Marken wie im Lago Sauce durchgeführtes Markierungsexperiment im George-See brachte 8,2% Wiederfänge (19 von 231 markierten Tilapia nilotica) nach 7 - 119 Tagen. Von diesen wurden 17 nochmals wiedergefangen. Das Wachstum betrug 0,8 cm pro Monat (Lowe, 1958).

Nach unserer Meinung ist Markierung kein sehr geeignetes Mittel zur Biomassenbestimmung bei Tilapia in überfüllten Seen. Die Markierung ist sehr arbeitsaufwendig, vor allem, wenn man die Marken wie in Perú selbst herstellen und kodieren muß. Auch die doppelte Anzahl an markierten Tilapia hätte wahrscheinlich kein befriedigendes Ergebnis gebracht.

4.10. Bedeutung von Tilapia rendalli im Vergleich zu anderen Fischarten

Die große Bedeutung von Tilapia rendalli im Lago Sauce wird aus der Tabelle 29 klar. Außer Tilapia wurden gefangen (Häufigkeit im Vergleich zu Tilapia, welche als 100% gesetzt wurden):

Bufurqui (<i>Aequidens vittatus</i>)	: 6,9%
Mojarra (<i>Astyanax bimaculatus</i>)	: 1,6%
und Carachama (<i>Hypostomus plecostomus</i>):	0,03%

Tabelle 29: Relative Häufigkeit verschiedener Arten in Beziehung zu *Tilapia rendalli*

Monat	Zone	Tilapia %	Bufurqui %	Mojarra %	Carachama %
Jan.	I	100	1,56	26,56	-
	II	100	18,02	0,79	-
	III	100	10,61	2,39	-
	IV	100	3,38	0,68	-
	V	100	6,94	1,57	-
	VI	100	11,83	7,53	-
	VII	100	22,08	20,78	-
Gesamt		n=3016/100%	258/8,55%	70/2,32%	-
Febr.	I	100	56,52	8,70	-
	II	100	115,38	3,07	4,62
	III	100	3,13	0,48	-
	IV	100	4,89	-	-
	V	100	5,50	1,83	-
	VI	100	6,39	-	-
	VII	100	1,33	1,33	-
Gesamt		n=2852/100%	248/8,70%	22/0,77	3/0,11
März	I	100	51,69	2,54	-
	II	100	3,03	-	-
	III	100	18,42	-	-
	IV	100	1,82	0,10	0,05
	V	100	-	-	-
	VI	100	13,19	3,13	-
	VII	100	7,83	0,28	-
Gesamt		n=4072/100%	312/7,66%	14/0,34	1/0,24
April	I	100	3,28	-	-
	II	100	5,36	-	-
	III	100	11,04	-	-
	IV	100	4,94	-	-
	V	100	85,71	-	-
	VI	100	38,71	3,22	-
	VII	100	3,69	0,57	-
Gesamt		n= 988/100%	80/8,99%	3/0,30%	-

Monat	Zone	Tilapia %	Bufurqui %	Mojarra %	Carachama %
Mai	I	100	21,26	0,79	-
	II	100	1,73	0,58	0,29
	III	100	3,04	-	-
	IV	100	3,68	0,33	-
	V	100	4,84	1,76	-
	VI	100	6,07	-	0,17
	VII	100	1,86	0,37	-
Gesamt		n=5174/100%	206/3,98	19/ 0,37	2/ 0,04
Juni	I	100	2,63	1,32	-
	II	100	1,71	2,28	-
	III	100	2,48	18,19	-
	IV	100	1,94	-	-
	V	100	16,67	-	-
	VI	100	25,45	0,91	-
	VII	100	24,69	0,98	-
Gesamt		n=2392/100%	191/ 7,98	157/6,56%	-
Juli	I	100	1,03	2,06	-
	II	100	46,46	0,51	-
	III	100	1,03	5,94	-
	IV	100	12,15	-	-
	V	100	8,14	4,65	-
	VI	100	56,07	-	-
	VII	100	21,47	5,11	0,20
Gesamt		n=2040/100%	308/15,10%	78/3,82%	1/0,05%
Aug.	I	100	2,68	0,89	-
	II	100	4,26	2,13	-
	III	100	7,97	7,25	-
	IV	100	1,99	-	-
	V	100	74,29	-	-
	VI	100	9,57	-	-
	VII	100	5,74	-	-
Gesamt		n=1089/ 100%	106/9,73%	14/1,29%	-

Monat	Zone	Tilapia %	Bufurqui %	Mojarra %	Carachama %
Sept.	I	100	1,56	1,56	-
	II	100	23,20	-	-
	III	100	0,42	0,31	-
	IV	100	1,78	-	-
	V	100	-	-	-
	VI	100	-	-	-
	VII	100	-	-	-
Gesamt		n=1748/100%	37/ 2,12%	5/0,29%	-
Okt.	I	100	-	-	-
	II	100	10,64	-	-
	III	100	1,78	1,18	-
	IV	100	0,92	-	-
	V	100	2,53	-	-
	VI	100	1,90	-	-
	VII	100	4,46	-	-
Gesamt		n=851/100%	20/ 2,35%	2/0,24	-
Nov.	I	100	23,53	17,65	-
	II	100	8,57	-	-
	III	100	0,42	0,83	-
	IV	100	-	-	-
	V	100	41,67	-	-
	VI	100	9,76	3,66	-
	VII	100	1,02	0,34	-
Gesamt		n=958/ 100%	30/ 3,13%	13/1,36%	-
Dez.	I	100	-	-	-
	II	100	17,86	7,14	-
	III	100	-	1,47	0,24
	IV	100	2,52	0,79	-
	V	100	20,59	-	-
	VI	100	-	-	-
	VII	100	-	2,91	-
Gesamt		n=1306/100%	28/2,14%	16/1,22%	1/0,08%
Jahres- total		26486/100%	1824/6,89%	413/1,56%	8/0,03%

Die Bufurqui machen vereinzelt einen hohen Anteil im Fang aus, einmal im Februar in der Zone II überschreiten sie sogar die Anzahl der Tilapia. Aber insgesamt erreicht Tilapia rendalli etwa 92% (in Zahl) der Gesamtpopulation des Sees (ausgeschlossen "paiche" und Guppys). Es ist oft in der Literatur vor der Gefahr des Einsetzens einer nicht-einheimischen Art in natürliche Gewässer gewarnt worden. Besonders bei Arten mit hohem Reproduktionsvermögen muß darauf geachtet werden, daß die Balance zwischen Räubern und Friedfischen ausgewogen ist. Wie im Kap. 3.3. erwähnt, sind die ursprünglich im See vorhandenen Arten sehr zurückgedrängt worden. Es gibt aber keine quantitativen Angaben über ihre frühere Verbreitung. Es bestand allerdings nie ein solch massenhaftes Vorkommen einer Art wie es nach 1968 mit den Tilapia sich entwickelte. Das Gleichgewicht zwischen den Räubern und Friedfischen ist durch den Versuch, ein artifizielles Ökosystem aufzubauen, gestört worden.

Alle anderen Arten wurden mit der Strandwadenfischerei nicht erreicht, spielen aber auch in der kommerziellen Fischerei keine Rolle.

Man kann das Verhältnis der Raubfische zu den Friedfischen bestimmen. Dazu braucht man das Gesamtgewicht beider Gruppen (Swingle, 1950).

Bei der Zählung der "paiche" im Jahre 1974 wurde deren Zahl mit etwa 70 bestimmt. Bis dahin hatten sie sich nicht fortgepflanzt trotz des großen Futterangebotes. Es gibt in der Literatur keine eindeutigen Angaben über das Alter des "paiche" bei Erreichen der Geschlechtsreife. Man nimmt an, daß das Biotop eine große Rolle dabei spielt. Arapaima gigas in Teichzuchten haben sich noch nicht reproduziert. Im Lago Sauce erfolgte die

erste Reproduktion erst nach 13 Jahren, Ende 1975. Die Jungfische können zumindest für die erste Hälfte des untersuchten Jahres als Räuber vernachlässigt werden.

Das Durchschnittsgewicht der "paiche" ist mit Basis auf 30 Messungen: 87,37 kg. Das ergibt insgesamt:

6.115,9 kg C (Räuber)

Tilapia:

42.833,6 kg

andere 982,6 kg

43.816,2 kg F (Friedfische)

$F/C = 7,16$

Dies heißt, gewichtsmäßig machen die Räuber mehr als den siebten Teil aus. Das reicht jedoch nicht aus, den Bestand an Tilapia einzudämmen, obwohl etwa 50% der Nahrung der "paiche" aus Tilapia besteht.

Nach mündlichen Mitteilungen von Herrn v. Sengbusch (Ahrensburg) werden für 150 kg "paiche" dort 0,8 kg Trockenfutter pro Tag verfüttert. Dann kann man für Lebendfutter das 4-fache annehmen, und es ergäbe sich im Mittel 1,86 kg Futter pro "paiche" und Tag. Rechnet man, daß ein "paiche" etwa 1 kg Tilapia pro Tag frißt, (50% des Mageninhalts), wären das 25.200 kg Tilapia pro Jahr. Das ist mehr als die Hälfte der Biomasse von 43 Tonnen.

4.11. Produktion

Eine einfache Beziehung zwischen der durchschnittlichen Biomasse (B), der Sterblichkeit (Z) und der Produktion (P) gibt Allen (1971):

$$\bar{B} \cdot \bar{Z} = P$$

Für Tilapia rendalli ergibt das:

$$43 \text{ t} \cdot 3,0 = 129 \text{ t}$$

Das entspräche einer Produktion von 30 g/ m^2 jährlich.

4.12. Diskussion

Sehr aufschlußreich über die Population der Tilapia rendalli sind die Variationen des Geschlechterverhältnisses, der Verteilung der mittleren Länge in verschiedenen Monaten, sowie das Wachstum und die Sterblichkeit.

Die beiden ersten Punkte ändern sich mit der Laichaktivität im Uferbereich. Es sind mehr Weibchen (auch im laichreifen Stadium) und besonders große Männchen in den laichaktiveren Zeiten im Laichgebiet. Das bedeutet, daß das Männchen unter mehreren Weibchen auswählen kann. Die großen, laichreifen Männchen kommen bei günstigen Laichbedingungen aus dem Zentrum des Sees.

Das Wachstum ist verglichen mit anderen natürlichen Populationen nicht schlecht, zumindest im ersten Jahr. Die Angaben für verschiedene Tilapia-Arten schwanken in der Literatur für das Wachstum des 1. Jahres von 66 mm (T. zillii, Tiberias-See) bis 138 mm (T. galilaea, Tiberias-See). Tilapia rendalli im Lago Sauce erreicht 106 und 115 mm im Durchschnitt für Männchen bzw. Weibchen.

Die Individualgröße war aber nach Aussage der Dorfbewohner in den ersten Jahren nach Einsetzen der Fische in den See besser. Das heißt, es wurden mehr größere Fische gefangen. Die Fischereiintensität hat sich dabei wahrscheinlich nicht geändert, da die Anzahl

der registrierten Fischer und Netze sich nicht sehr verändert hat. Auch der Raubfischbestand blieb in etwa konstant, nahm eher durch verbotenen Fang der "paiche" ab. Das heißt, man kann nicht schließen, daß relativ mehr alte und damit größere Fische vorhanden waren, weil eventuell weniger gefischt wurde oder weniger natürliche Feinde da waren. Die Dichte der Population ist, wie unten erwähnt, für das Wachstum bestimmend.

Von den 4 benutzten Methoden zur Biomassenbestimmung kann die Echolotung bei verbesserter Auswertung und die ebenfalls ökonomische Methode nach DeLury (1947) empfohlen werden.

Der individuelle Wachstumsverlauf ist nahezu arithmetisch. Das gleiche Phänomen fanden auch Le Cren (1958) beim Flußbarsch (Perca fluviatilis) und Van Someren und Whitehead (1960, part IV) bei männlichen Tilapia nigra in Teichen. Die Abhängigkeit des Wachstums von Umwelteinflüssen wird durch dessen saisonalen Verlauf deutlich. Besondere Bedeutung hat die Temperatur, welche wiederum durch Sonne, Wind, Verdunstung und Regenfälle beeinflußt wird. Ein weiterer Faktor, der das Individualwachstum bestimmt, ist die Dichte der Population. Folgende Beziehung kann aufgestellt werden (Hofstede, 1974) :

Beziehung zwischen Dichte, Wachstum und Produktion

geringe Dichte

(=kleine Anzahl)

schnelles Wachstum

und

geringe Produktion

(wenig Fische mit geringem Zuwachs an Totalgewicht, obwohl der einzelne Fisch einen hohen Gewichts-
zuwachs hat)

hohe Dichte

(=große Anzahl)

langsames Wachstum

und

geringe Produktion

(viele Fische mit geringem Zuwachs an Totalgewicht, weil der einzelne Fisch einen geringen Ge-
wichtszuwachs hat)

optimale Dichte

(= gemäßigte Anzahl)

gemäßigtes Wachstum

und

höchste Produktion

(höchster Zuwachs
an Totalgewicht)

Wir befinden uns mit Tilapia rendalli im Lago Sauce im rechten Teil des Schemas. Eine hohe Dichte führte einige Jahre nach dem Einsetzen zu langsamerem Wachstum und wahrscheinlich geringerer Produktion. Die Produktion und die Biomasse im See werden in großem Maße durch die hohe Sterblichkeit bei den älteren Fischen bestimmt. Die Altersstruktur ist sehr ungünstig. Nur etwa 12% der Population werden älter als 2 Jahre und erreichen entsprechende Gewichte. Die hohe Sterblichkeit hat ihre Ursachen wohl außer im Fischfang und den Räubern auch im Sauerstoffdefizit, wenn es zu dem brüsken Temperatursturz im Winter kommt. Dem fallen vor allem größere Fische zum Opfer. So setzt sich die Biomasse von $0,010 \text{ kg/ m}^2$ fast ausschließlich aus kleinen, jüngeren Fischen zusammen.

5. Die Fischerei im Lago Sauce

5.1. Einleitung

Das Dorf Sauce hat etwa 2.000 Einwohner und bezieht seine tierische Eiweißnahrung hauptsächlich aus dem See. Nur zu Festtagen werden Hühner, Enten oder Schweine geschlachtet. Ansonsten ist die Hauptgrundlage der Nahrung Reis, Bananen und Yucca, also Kohlenhydrate. Gemüseanbau ist fast unbekannt, obgleich der Boden dazu geeignet ist.

Deshalb war das Einsetzen der Tilapia im See in den ersten Jahren, als noch kein vermindertes Wachstum auftrat, eine große Hilfe für die Dorfbewohner. Sie verkauften sogar Tilapia in die nächstgrößere Stadt, die etwa 5 Stunden entfernt liegt.

Durch die Station des Fischereiministeriums wurden 75 Personen als Fischer registriert. 42 Fischer besitzen Wurfnetze und 56 Personen haben Kanus zwischen 5 und 8 m lang.

5.2. Material und Methoden

Jeden Monat des untersuchten Jahres wurden an einem beliebigen Tag die Fischer auf dem See gezählt und ihre Fanggeräte und Fangmenge registriert. Die Fangzeit für den bestimmten Fang wurde vermerkt. Leider existieren in der Fischereistation keine brauchbaren Statistiken über die Fänge früherer Jahre.

5.3. Zahl der Fischer und Fanggeräte im untersuchten Jahr

In der Tabelle 30 ist die im jeweiligen Monat bestimmte Anzahl der Fischer eingetragen. Das Minimum liegt im Juli mit nur 38 Fischern pro Tag, das Maximum im November mit 107 Fischern. Viele benutzten ein Boot zu zweit oder mehr.

Man stellt auch fest, daß die beim Ministerium registrierte Anzahl von 74 Fischern überschritten wird. Das liegt daran, daß viele Kinder zur Nahrungsmittelbeschaffung beitragen müssen und mit Angel oder Machete fangen. Mit letzterem werden vorbeischwimmende Tilapia vom Ufer geköpft. Es wird darin eine große Geschicklichkeit entwickelt, und ich beobachtete, daß sogar Guppys als Köder für die Angeln mit der Machete gefangen wurden.

Tabelle 30: Fischfang der Einwohner Saucos

Monat	Anzahl Fischer	Fang pro Tag(kg)	Fang pro Monat(kg)	kg pro Fischer
Januar	44	50	1500	1,14
Februar	64	50	1500	0,78
März	75	56,5	1695	0,75
April	71	61,9	1857	0,87
Mai	52	17,65	529,5	0,34
Juni	40	17,4	522	0,44
Juli	38	13,5	405	0,36
August	80	67,55	2026,5	0,84
September	94	59,5	1785	0,63
Oktober	104	80,75	2422,5	0,78
November	107	88	2640	0,82
Dezember	65	80	2400	1,28
		Total	19282,5	
		Mittel	1606,88	0,75

In der Tabelle 31 wird aufgeschlüsselt, wie viele Fischer Angel, Wurfnetz oder Machete benutzen in den verschiedenen Monaten. Ebenso sieht man, wie viele

Tabelle 31: Fanggeräte, Fangzeiten

Monat	Fanggerät					Fangzeiten
	Angel	Wurfnetz	Machete	Boot	zu Fuß	
Januar	25	11	8	13	9	09.00-11.30 16.00-17.10
Februar	57	-	7	11	12	08.00-12.50 17.00-17.50
März	68	-	7	18	10	08.25-12.00 16.30-17.45
April	69	-	3	19	12	08.25-12.30 16.35-17.10
Mai	50	-	2	21	11	08.35-12.00 16.45-17.15
Juni	39	-	1	19	2	08.35-11.00 - -
Juli	31	5	2	10	7	09.30-10.30 16.30- -
August	71	9	-	21	15	07.15-11.45 16.30-18.00
September	83	11	-	26	9	08.10-13.20 16.00-18.10
Oktober	92	12	-	33	10	08.25-12.20 15.50-18.05
November	96	11	-	23	12	08.20-12.30 14.30-17.55
Dezember	85	-	-	30	4	08.25-13.00 16.10-17.35

Kanus im Einsatz sind und wie viele zu Fuß vom Ufer oder in flachem Wasser fischen. Maximal 33 Kanus sind am Tag zum Fischfang auf dem See. Andere werden auch zum Transport von Personen und Waren eingesetzt. Von Februar bis Juni bestand ein generelles Verbot für den Fang mit Wurfnetzen. Es diente dem Schutz der "paiche"-Jungfische, die Ende 1975 geschlüpft waren. Aber auch in den restlichen Monaten ist der Einsatz an Wurfnetzen gering im Vergleich zu den 42 registrierten. Die meisten Personen fischen mit Angelhaken, die wenigsten mit Machete. Diese benutzte man vor allem in den Monaten mit Wurfnetzverbot.

5.4. Fischereizonen und Fangzeiten

Der See wurde in 3 Gebiete eingeteilt, die an je einem Tag kontrolliert wurden. Das 1. Gebiet umfaßt den engen Teil des Sees, vorbei am Rio Desaguadero, Fischereistation, See-Enge und Rio Pucayacu. Das 2. Gebiet umfaßt den gegenüber der Fischereistation gelegenen Bereich des engen Seeteils bis zur Meteorologischen Station. Das 3. Gebiet den dazwischen liegenden Bereich an der Seite des Dorfes, am Flughafen vorbei bis zum Rio Pucayacu.

Am wenigsten wird im engen Teil des Sees gefischt, da dieser am weitesten vom Dorf entfernt ist und eine größere Konzentration an Tilapia auch im weiten Teil des Sees herrscht. Die allgemeinen Fangzeiten liegen zwischen 7.00 und 13.00 Uhr und zwischen 15.00 und 18.00 Uhr (Tab. 31). In der großen Mittagshitze wird nicht gefischt.

5.5. Fangmenge

Die geringsten Fangresultate werden im Mai bis Juli erreicht (17,65 - 13,5 kg pro Tag). Sonst liegen die Fänge immer über 50 kg mit maximal 88 kg pro Tag im November (Tab. 30). Rechnet man 30 Fangtage pro Monat, ergibt sich der Fang pro Monat, der zwischen 522 und 2.640 kg liegt, im Jahrestotal ca. 20.000 kg.

Zusammen mit den 25.000 kg, die von den "paiche" gefressen werden, wird also die errechnete Biomasse pro Jahr weggefangen oder gefressen. Dabei ist die natürliche Sterblichkeit noch nicht eingerechnet.

Jeder einzelne Fischer fängt im Durchschnitt 0,75 kg am Tag. Die Dauer des Aufenthalts ist je nach Fanggerät verschieden zwischen 1 und 5 Stunden. Die geringste Fangmenge pro Fischer wird im Mai erzielt.

Das meiste wird im Dezember (1,23 kg) und Januar (1,14 kg) gefischt (Abb. 22).

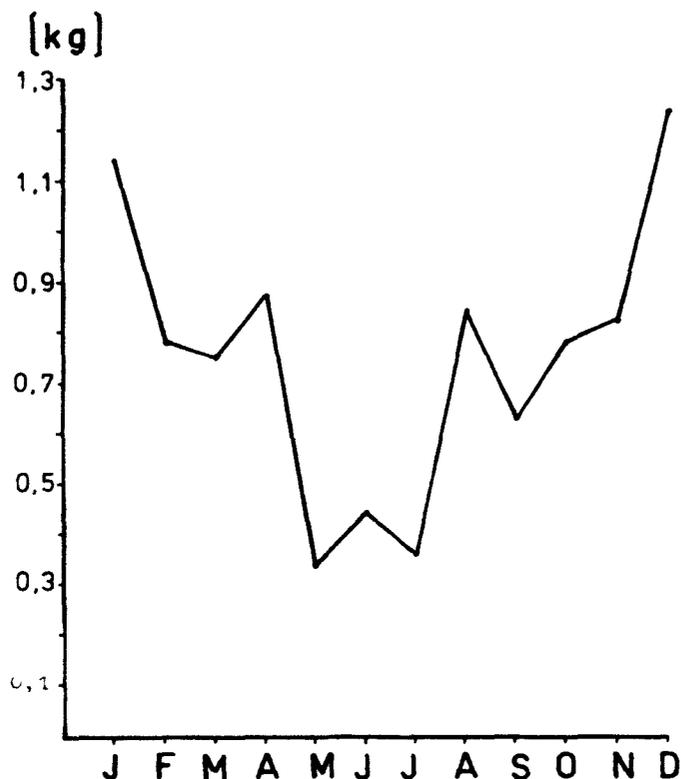


Abb 22: Fang je Fischer pro Tag in verschiedenen Monaten

Das ist wenig im Vergleich zu den Fangmengen in der Sakumo-Lagune (Pauly, 1973), wo nach etwa 4 Stunden 3 - 5 kg Tilapia melanotheron gefangen wurden. Allerdings wurden dort außer Wurfnetzen auch Stellnetze benutzt.

Versuche mit Stellnetzen im Lago Sauce waren meist ergebnislos, nur einmal wurde 1 Carachama (Hypostomus plecostomus) gefangen.

Fryer und Iles (1972) geben den Jahresertrag in kg pro Hektar für verschiedene afrikanische Seen an: er schwankt zwischen 4 und 500 kg. Die Unterschiede sind teilweise natürlich durch praktische Schwierigkeiten bei der Ausbeute der zum Teil sehr großen Seen zu erklären. Aber die Autoren stellen auch einen inversen

Zusammenhang zwischen Fischertrag und mittlerer Seetiefe fest. Der resultierenden Kurve Fischertrag /Seetiefe, die exponentiell abnimmt, paßt sich der Wert für den Lago Sauce gut an. Er liegt bei etwa 45 kg pro Hektar und Jahr und liegt in der Nähe des Wertes für den Kavirondo Gulf (Victoria-See).

5.6. Diskussion

Die fischereiliche Ausbeutung des Tilapia-Bestandes ist geringer als der Wegfraß durch "paiche" und die nicht bestimmbaren Verluste durch die Vögel. Etwa die Hälfte der vorhandenen Biomasse an Tilapia wird jährlich gefischt. Die Reproduktionsrate ist aber so hoch, daß der Bestand trotzdem eine "gute" Biomasse behält, allerdings unter dem negativen Aspekt, daß ältere Fische kaum vorhanden sind.

Die Frage stellt sich nach der Reaktion der Population auf eine noch gesteigerte Befischungsrate. Iles (1973) schließt aus hohen Reproduktionsraten in Teichen und aus dem schnellen Wiederauftauchen von Tilapia-Populationen in flachen Seen, nachdem eine Trockenheit vorbei ist, daß alle Tilapia-Populationen, einschließlich derer in großen Seen, sogar bei hohen Fischereiraten keine Überfischung oder Rekrutenausfall zeigen würden.

6. Gesamtdiskussion und praktische Auswirkung der Ergebnisse

Nach 7 Jahren hatten sich die etwa 1.000 eingeführten Tilapia-Jungfische im Lago Sauce so vermehrt, daß sie die einheimischen Fische verdrängten und 92% (Anzahl) der vorhandenen Fische (ausgenommen Arapaima gigas und Poecilia reticulata) ausmachten. Die natür-

lichen Feinde, die "paiche", als dessen Nahrung die Tilapia dienen sollten, wie auch die Raubvögel konnten den Bestand nicht kontrollieren. Gründe dafür sind, daß der Bestand an "paiche" trotz bestehenden Verbotes heimlich befishet wurde und sie sich außerdem bis 1975 nicht fortpflanzten. Der Bestand an "paiche" wurde 1974 auf 70 Exemplare geschätzt. Sie ernähren sich zu etwa 50% (Gewichtsanteil) von Tilapia, das macht 25 t Fisch jährlich. Auch die Fischerei durch die Bevölkerung (etwa 20 t jährlich) reicht nicht aus zur Bestandskontrolle.

Bei anfänglich niedriger Dichte war das Individualwachstum gut bis die offensichtlich sehr günstigen Reproduktionsbedingungen, wie z.B. die hohe Wassertemperatur, die das Stimulanz zum Ablaichen ist, zu einer immer höheren Bestandsdichte führte. Auch fand eine Akzeleration der Geschlechtsreife statt. Aus der erhöhten Dichte des Bestandes und durch Substanzverlust beim wiederholten Ablaichen resultierte ein verlangsamtes Wachstum. Die mittlere Länge war nur noch 12,2 cm (Männchen) und 11,4 cm (Weibchen).

Dies ist aber nicht die einzige Ursache für die geringe Größe der Fische. Bei der Altersstruktur des Bestandes wird deutlich, daß nur sehr wenige (12%) älter als 2 Jahre werden und nur etwas mehr als 1% älter als 3 Jahre, bedingt durch die hohe Gesamtsterblichkeit. Als Folge davon ergibt sich eine ungünstige Längen- und Gewichtsbilanz:

Männchen

AK	Anzahl %	Länge mm	Gewicht g
0 (ab 7 cm)	65,2	106	23,9
I	25,1	146,3	64,0
II	9,3	188,5	139,2
III	1,2	219	220,2

Weibchen

Ak	Anzahl %	Länge mm	Gewicht g
0 (ab 7 cm)	64,8	115,3	31,3
I	33,3	147,8	65,9
II ⁺	1,8	159	82,0

⁺ Es sind nur Weibchen bis zweieinhalb Jahre vorhanden

Als Ursache für die hohe Sterblichkeit nach dem zweiten Jahr kann einmal das wiederholte Sauerstoffdefizit in den Wintermonaten angenommen werden. Bei dem folgenden Massensterben sind vor allem die größeren Fische betroffen infolge der ungünstigeren Kiemen-Körper-Relation (Kap. 2.2.1.2.2.).

Zum zweiten deutet der geschlechterspezifische Unterschied für das erreichte Maximalalter (Männchen 4 Jahre, Weibchen zweieinhalb) darauf hin, daß die hohe Reproduktionsrate eine Rolle bei der Sterblichkeit spielt. Es ist bekannt, daß Tilapia mehrmals im Jahr ablaichen kann und als Minimum zwischen zwei Laichakten für Tilapia rendalli 9 Tage angegeben werden (Oliveira, 1962). Vor allem die Weibchen scheinen sehr dadurch gestreßt zu werden und sterben noch früher als die Männchen.

Die oben erwähnte Akzeleration der Geschlechtsreife, das erhöhte Reproduktionspotential und die geringe Größe werden von Iles (1971) auch als Adaptationsmechanismus der Tilapia betrachtet. Die erhöhte Sterblichkeit für große Fische durch die Umweltkatastrophe im Lago Saucé trifft die Population in vermindertem Ausmaß, da das Wachstum vermindert ist.

Ein Nachteil für die Fischerei ist aber sicher das geringe Gewicht des Hauptteil des Bestandes, aus dem die niedrige Gesamtproduktion von etwa 130 t (nach der Methode von Allen, 1971) resultiert. Das entspricht

30 g pro m² jährlich.

Von den verschiedenen Faktoren, die das Wachstum oder die Alterszusammensetzung beeinflussen, ist nur einer dem direkten Eingriff des Menschen zugänglich, und zwar kann die Dichte der Population vermindert werden. Die Dichteabhängigkeit des Wachstums ist von verschiedenen Autoren untersucht worden und wird als "Raumfaktor" oder "living-space"-Effekt bezeichnet. Van Someren und Whitehead (1959, part I) stellten fest, daß nicht nur die Temperatur sondern auch die Dichte des Bestandes Einfluß auf die Größe bei Erlangen der Geschlechtsreife hat. Männliche Tilapia nigra in gemischten, überbevölkerten Teichpopulationen wurden bei geringerer Größe (8 - 10 cm) geschlechtsreif als Monosexkultur-Männchen (18 cm) in schwach besetzten Teichen.

So könnte eine Verminderung der Dichte im Lago Sauce dazu führen, daß die Tilapia wieder eine größere Länge bei Geschlechtsreife erreichen. Chimits (1955) gibt als Länge bei Geschlechtsreife 20 cm für Tilapia rendalli im Hoch-Katanga an.

Es ist auch bekannt, daß überbevölkerte Populationen die höchsten Laichraten haben. So führt eine Verminderung des Bestandes dazu, daß in der normalen Population weniger häufig gelaicht und so das Wachstum weniger negativ beeinflußt wird.

Das durch den Temperatursturz verursachte Umwälzen des Seewassers mit nachfolgendem Sauerstoffdefizit liegt außerhalb der Eingreifmöglichkeiten des Menschen. Man kann also zur Verbesserung der Situation, wie auch geschehen, dem Fischereiministerium nur empfehlen, die Fischereirate auf Tilapia rendalli zu erhöhen. Dies ist exemplarisch im Jahre 1977 mehrere Monate an einer

Stelle des Sees, die auch vorher im Laufe des Projektes schon am stärksten befischt war, geschehen. Es zeigt sich nach Aussagen des damaligen Stationschefs Juan Villareal, daß wieder vermehrt größere Tilapia vorhanden waren. Die Stichprobe eines 15 kg-Fanges mit Strandwade vom August des Jahres gibt eine Längens-Häufigkeitsverteilung mit einem Maximum bei 15 cm. Die durchschnittliche Länge beträgt mit 15,9 cm etwa 3 cm mehr als diejenige von 1976.

Leider hat die Durchführung einer verstärkten Fischerei finanzielle Schwierigkeiten, da nur eine Strandwadefischerei genügend wirksam ist und die Einwohner des Dorfes kein Geld für den Kauf solcher Netze haben.

Bei allen Vorbehalten gegenüber einer Einführung von Fremdfischen in ein Ökosystem kann man sagen, daß das Einsetzen von Tilapia rendalli im Lago Sauce der Bevölkerung des Dorfes besonders in den ersten Jahren großen Nutzen gebracht hat, als die Fische noch marktfähige Größen erreichten. Die vorhandene Ichthyofauna war nicht so stark vertreten, als daß große Mengen hätten gefischt werden können. Jetzt noch dient Tilapia rendalli als tierische Eiweißgrundlage in der Ernährung der Dorfbewohner. Auch wurde der Zweck erfüllt, Nahrung für Arapaima gigas zu liefern. Da sich diese Art im See zu akklimatisieren scheint (erste bekannte Fortpflanzung in nicht ursprünglichem Gebiet), könnte bei geschickter Bewirtschaftung seitens des Fischereiministeriums ein Zwei-Artenbestand gepflegt werden, der höheren Nutzen verspricht als der ehemalige Vielartenbestand. Durch Vermehrung der Arapaima gigas und Erhöhung der Fischerei müßte ein

Gleichgewicht geschaffen werden, daß die höchsten Tilapia-Erträge bringt und gleichzeitig Arapaima-brut für Intensivzuchten liefert, da diese das Reproduktionsproblem noch nicht gelöst haben. Um die Auswirkung eventueller Maßnahmen zur Bestandsregulierung von Tilapia rendalli zu erkennen, ist eine Vergleichsuntersuchung in einigen Jahren notwendig.

6.1. Discusión general y efecto práctico de los resultados

Después de siete años de la introducción de aproximadamente 1000 ejemplares de Tilapia en el Lago Sauce se observó que habían reproducido de tal manera, que reemplazaron a los peces indígenas y formaban el 92% (en número) de los peces existentes (con excepción de Arapaima gigas y Poecilia reticulata).

Los enemigos naturales, tanto Arapaima (paiche), cuyo alimento es la Tilapia , como las aves no eran suficientemente capaces de controlar la población. Una de las causas para esto, es que se pescaron ilegalmente ejemplares de "paiche" a pesar de la veda; y otra causa es que el "paiche" no se reprodució sino hasta el año 1975.

En 1975, se estimó la población de "paiche" en 70 ejemplares. El "paiche" se alimenta en un 50% (en peso) de Tilapia, esto da un total de 25 t al año.

También la pesca artesanal (alrededor de 20 t anual) no es suficiente para el control de la población de Tilapia.

Al inicio , cuando la densidad de la población de Tilapia era baja, el crecimiento individual fue bueno hasta que las condiciones muy favorables de reproducción, como la temperatura alta del agua, que significa un estímulo para el desove, condujeron a un aumento de la densidad de la población. También había una aceleración de la madurez sexual. A causa de la elevada densidad de la población y por pérdida de energía por desoves sucesivos resultaba un retardo en el crecimiento individual. La longitud media era solamente de 12,2 cms (machos) y 11,4 cms (hembras).

Pero esta no es la única razón por la cual el tamaño del pez es pequeño. En la estructura de edad de la población se hace visible que solamente pocos (12%) alcanzan mas que dos años de edad y solamente algo mas que 1% alcanzan mas que 3 años de edad, a causa de la alta mortalidad total. Como consecuencia resulta una balanza de longitud y peso desfavorable:

machos

Grupo de edad	Nº %	longitud (mm)	peso (grs)
0 desde 7 cm	65,2	106	23,9
I	25,1	146,3	64,0
II	9,3	118,5	139,2
III	1,2	219	220,2

hembras

Grupo de edad	Nº %	longitud (mm)	peso (grs)
0 desde 7 cm	64,8	115,3	31,3
I	33,3	147,8	65,9
II ⁺	1,8	159	82,0

⁺ Solamente hay hembras hasta 2 años y medio.

Como causa para la mortalidad alta despues del segundo año se puede suponer primero el deficit sucesivo de oxígeno en los meses de invierno. En aquellas muertes massivas son afectados sobre todo los peces mas grandes a causa de su desfavorable relación entre cuerpo y branquias. Por segundo, la diferencia específica de

sexos para la edad máxima (machos 4 años), (hembras 2 años y media), demuestra que la alta tasa de reproducción juega un rol en la mortalidad. Se sabe que la Tilapia puede desovar varias veces al año y se da 9 días como intervalo mínimo entre dos actos de desove para Tilapia rendalli (Oliveira, 1962).

Parece sobre todo que las hembras son afectadas por esto y por lo tanto mueren más antes que los machos.

La aceleración de la madurez sexual arriba mencionada, el elevado potencial de reproducción y el tamaño pequeño están interpretados también por Iles (1971) como un mecanismo de adaptación de la Tilapia. La mortalidad elevada en peces más grandes por la catástrofe ambiental en el Lago Saucé no afecta a la población, porque el crecimiento está disminuido.

Una desventaja para la pesquería es el bajo peso de la mayor parte de la población, de lo cual resulta una baja producción total alrededor de 130 t (según el método de Allen, 1971). Esto equivale 30 grs por m² al año.

De los diferentes factores que influyen en la composición de la edad, solamente uno puede ser regulado directamente por el hombre, lo que quiere decir, que la densidad de la población puede ser disminuida. Varios autores han investigado la dependencia del crecimiento de la densidad y se nombra como "factor de espacio" o efecto-"living-space". Van Someren y Whitehead (1959, I) afirmaron que no solamente la temperatura tiene influencia en la edad del primer desove sino también la densidad de la población. Machos de T. nigra maduraron a una menor longitud (8-10 cms) en poblaciones sobrepobladas que machos en culturas monosexuales (18 cms) en pozas poco pobladas.

Así una disminución de la densidad de la población de Tilapia en el Lago Sauce podría conducir otra vez a un aumento en longitud de madurez sexual. Chimits (1955) da como longitud de madurez sexual 20 cms para Tilapia rendalli en el alto- Katanga. También se sabe que las poblaciones sobrepobladas tienen las tasas de reproducción más altas. Así una disminución de la población conduce al fenómeno de que en una población normal hay menos influencia negativa en el crecimiento.

La circulación del agua del Lago Sauce provocada por la caída brusca de la temperatura y en consecuencia el déficit de oxígeno no puede ser modificado por el hombre. En conclusión para mejorar la situación de la Tilapia solo se puede recomendar al Ministerio de Pesquería subir la tasa de pesca.

Esto se pudo observar en varios meses del año 1977 en un lugar del lago que anteriormente, durante el proyecto, había estado bajo una fuerte pesquería. Según el entonces jefe de la estación pesquera, Villareal, se observó, que otra vez habían Tilapia grandes. La muestra tomada al azar de una captura con chinchorro de 15 kgs en agosto del año 1977 dió una distribución de frecuencia de longitudes con un máximo en 15 cms. La longitud media fue de 15,9 cms, alrededor de 3 cms más que aquella del año 1975.

Por mala suerte la realización de una pesquería más intensa tiene dificultades financieras, ya que siendo aun suficientemente efectiva la pesca con chinchorro, los habitantes del pueblo no tienen dinero para comprar dichas redes.

Teniendo en cuenta todas las malas experiencias con la introducción de peces no indígenas en un ecosistema, se puede decir que la introducción de Tilapia rendalli en el Lago Sauce ha traído grandes ventajas para los pobladores de Sauce sobre todo en los primeros años, cuando los peces todavía alcanzaban tamaños comerciales. La ictiofauna presente no bastaba para pescar grandes cantidades. Hasta ahora Tilapia rendalli sirve como base de proteínas animales en la alimentación de los pobladores. También se cumplió la meta de proveer alimento a Arapaima gigas. Puesto que esta especie pareca aclimatarse en el lago (primera reproducción conocida en un ambiente no original), se podría mantener una población de 2 especies bajo una habil administración del Ministerio de Pesquería, que podría ser de mayor provecho que la anterior población con muchas especies. Por intermedio de la reproducción de Arapaima gigas y el aumento de la pesquería se podría mantener un equilibrio que daría los rendimientos mas grandes de Tilapia y al mismo tiempo juveniles de Arapaima gigas para los criaderos intensivos ya que el problema de la reproducción todavía no se ha resuelto. Para conocer los efectos de medidas eventuales para la regulación de la población de Tilapia rendalli, es necesario una investigación comperativa despues de algunos años.

7. Anhang

7.1. Literaturverzeichnis

- ALLEN, K. R., 1971: Relation between production and biomass. J. Fish. Res. Bd. Canada 28: 1573-1581
- BARD, J., P.KIMPE, J. DE LEMASSON und P. LESSENT, 1975: Manual De Piscicultura Destinado A La America Tropical. - Centre Technique Forestier Tropical Pêche et Pisciculture, Nogent-Sur-Marne, France
- BEAUCHAMP, R.S.A., 1958: Utilizing the natural resources of Lake Victoria for the benefit of fisheries and agriculture. - Nature, 181: 1634-1636
- BEN-TUVIA, A., 1960: The Biology of the Cichlid Fishes of Lake Tiberias and Huleh. - Bull. Res. Council of Israel, 8B (4): 153-188
- BERTONE, D., 1976: Nota sobre relevantamiento acústico experimental del Lago Sauce usando un nuevo sistema portatil para adquisición de datos. - FAO, NORAD, IMARPE, Lima Perú
- BRINKMANN, W.L.F. und M.N. GOES R., 1971: Air temperatures in Central Amazonia, I The daily record of air temperatures in a secondary forest near Manaus under cold front conditions (July 4th, to July 13th, 1969).-Acta Amazonica Vol. 1(2): 51-56
- BRUTON, M.N. und B.R. ALLANSON, 1974: The growth of Tilapia mossambica Peters in Lake Sibaya, South Africa. - J. Fish. Biol. 6 : 701-715
- BÜCKMANN, A., 1929: Die Methodik fischereibiologischer Untersuchungen an Meeresfischen. - Hdb. d. biol. Arbeitsmethoden, Abt. IX, Teil 6, : 1-194
- CAPART, A. 1955: L'Echosondage dans les Lacs du Congo Belge, Techniques et résultats acquis. - Bull. Agric. du Congo Belge, Bruxelles 46 (5): 1075-1104

- CASTELLANOS, R., 1978: Determinación de Edad por Lectura y medición de Escamas en Tilapia rendalli Boulenger en el Lago Sauce, San Martín. - tesis, Universidad Nac. de Trujillo/Perú
- CHARPY, B., 1955: La pisciculture du Tilapia. - Bull. franç. Pisci. 27 (178) : 5-20
- CHEN, F.Y. und G.A. PROWSE, 1964: The effect of living space on growth rate of fish. - Ichthyologica 3: 11-20
- CHIMITS, P., 1955: Tilapia and its culture- A preliminary Bibliography-. - Fish. Bull. F.A.O. 8: 1-33
- COE, M.J., 1966: The biology of Tilapia grahami Boulenger in Lake Magadi, Kenya. - Acta trop. 23 : 146-177
- CRIDLAND, C.C., 1961: Laboratory experiments on the growth of Tilapia spp. The reproduction of Tilapia esculenta under artificial conditions. - Hydrobiologia 18 : 177-185
- DAGET, J., 1954: Les poissons du Niger superieur. - Mem. Inst. Fr. Afr. Noire, Ifan Dakar 36 : 341 p.p.
- DE BONT, A.F., 1950: La reproduction en étangs des Tilapia melanopleura (Dum.) et macrochir (Blgr.)- Comptes rendus de la Conférence Piscicole Anglo-Belge, 1949, Comm. 8 : 303-312
- DE LURY, D.B., 1947: On the estimation of biological populations. - Biometrics 3 (4) : 145-167
- EL-ZARKA, S., 1961 a: Tilapia fisheries investigation in Egyptian lakes. I. Annulus formation on the scales of the Cichlid fish Tilapia zillii (Gerv.) and its validity in age and growth studies. - Notes Mem. hydrobiol. Dep. U.A.R. 62: 1-18

- EL-ZARKA, S., 1961 b: Tilapia fisheries investigation in Egyptian lakes. II. A biological study of the fisheries of Tilapia zillii (Gerv.) in Lake Quarun, Egypt, U.A.R. - Notes Mem. hydrobiol. Dep. U.A.R. 66 : 1-44
- FAGADE, S.O., 1971: The food and feeding habits of Tilapia species in the Lagos Lagoon. - J. Fish. Biol. 3 : 151-156
- F.A.O., 1977: Acuicultura em America Latina , Montevideo, Uruguay (1974). - Informes de Pesca 159 (1)
- FISH, G.R., 1951: Digestion in Tilapia esculenta. Nature 167: 900-901
- FISH, G.R., 1955: The food of Tilapia in East Africa. Uganda J. 19 (1): 85-89
- FRYER, G., 1960: Some controversial Aspects of Speciation of African Cichlid Fishes. - Proc. Zool. Soc. London 135: 569-578
- FRYER, G. und T.D. ILES, 1972: The Cichlid Fishes of the Great Lakes of Africa, Their Biology and Evolution. - Edinburgh, Oliver and Boyd
- FUKUSHIMA, M., 1977: Estudios para la Determinación del Potencial Piscícola en el Departamento de San Martín - Estudio Limnológico de las Quebradas Ahuashiyacu e Idane. - Minist. de Pesqu. - UNT, Trujillo/Perú
- FUKUSHIMA, M. und A.TRESIERRA, 1975: Informe Científico del Proyecto "Evaluación de la Población del Paiche e Implantación de un Programa Limnológico-Pesquero en el Lago Sauce" Dpto. San Martín Bienio 1973-1974. - Convenio UNT -Ministerio de Pesquería : 1-150
- GARROD, D.J., 1959: The Growth of Tilapia esculenta Graham in Lake Victoria. - Hydrobiologia 12 : 268-298

- GOLTERMAN, H.L., 1969: Methods for Chemical Analysis of Fresh Waters. - IBP Handbook 8, Blackw. Scient. Pub. Oxford
- GRAHAM, M., 1929: A report on the Fishing Survey of Lake Victoria, 1927-28. - Crown Agents for the Colonies, London
- GREENWOOD, P.H., 1953: Feeding mechanism of the cichlid fish, Tilapia esculenta Graham. - Nature 172 : 207-208
- HOFSTEDE, A.E., 1974: The application of age determination in fishing management. - The Ageing of Fish, Unwin Broth.Lim.
- HUTCHINSON, E., 1957: A treatise on Limnology I. - J. Wiley and Sons, New York
- ILES, T.D., 1971: Ecological Aspects of growth in African Cichlid fishes. - J. Cons. int. Explor. Mer 33 (3) : 363-385
- ILES, T.D., 1973: Dwarfing or stunting in the genus Tilapia (Cichlidae); a possibly unique recruitment mechanism. - Rapp. et Proc.-Verb. Réun. 164: 247-254
- JOHNSON, L., 1959: Investigations on the culture of Tilapia in Mauritius. Part II. The biology of the species. - Rev. Agric. Sucr. Maurice 38 (4): 158-171
- KAWAMOTO, N.Y., 1961: The influence of excretory substances of fishes on their own growth. - Proy. Fish. Cult. 23 : 70-75
- KOURA, R. und A.R. EL BOLOCK, 1958: Age, growth and survival of Tilapia mossambica (Peters) in Egyptian ponds. - Notes Mem. Hydrobiol. Dep. U.A.R. 41 : 1-18

- Laurent, M. und LAMARQUE, P., 1975: Utilisation de la Méthode des Captures successives (DeLury) pour L'évaluation des peuplements piscicoles.- Bull. franc. Pisci. 259 (4): 66-77
- Le Cren, E.D., 1958: Observations on the Growth of Perch (*Perca fluviatilis* L.) over twenty-two years with special reference to the effects of temperature and changes in population density.- J. Animal Ecology, 27
- LE ROUX, P.J., 1956: Feeding habits of the young of four species of Tilapia. - S. Afr. J. Sci. 53: 33-37
- LOWE(MCCONNELL), R.H., 1955: The fecundity of Tilapia species. - E Afr. Agri. J. 21 : 45-52
- LOWE(MCCONNELL), R.H., 1958: Observations on the biology of Tilapia nilotica Linné in the East African waters. - Rev. Zool. Bot. Afr. 57 (1-2) : 129-170
- LOWE(MCCONNELL), R.H., 1959: Breeding Behaviour Patterns and Ecological differences between Tilapia species and the significance for Evolution with the genus Tilapia (Pisces, Cichlidae). - Proc. Zool. Soc. London 132, Pt.I.
- MAAS, A., 1969: Entwicklung und Perspektiven der wirtschaftlichen Erschließung des tropischen Waldlandes von Perú. - Tübinger Geogr. Studien, 31
- MESCHKAT, A., 1971: El Cultivo de la Tilapia. - Div. Pisc. del Serv. Forestal y Piscicultura de Min. de la Prod., Ecuador
- MUNRO, J.L., 1967: The food of a community of East Africa freshwater fishes. - J. Zool. London 151: 389-415
- OLIVEIRA CHACON, J. de, 1962: Periodismo de desovas de reprodutores de "Tilapia melanopleura" Dumeril, 1857 mantidos em Cativoiro (Actinopterygii, Cichlidae). - Rev. Brasil. Biol. 22 (3) : 273-281
- PAULY, D., 1973: Ökologische und fischereiliche Untersuchung einer kleinen west-afrikanischen Lagune. - Dipl. Arbeit , Kiel

- PENAHERRERA, C., A. PIAZZA und A. VILDOSE, 1967: El Lago Sauce. - Geografia Fisica y Org. del II Congr. Nac. de Geog. Asoc. Nac. de Geog. Per. I
- PETERS, H.M., 1959: Über die Beziehungen zwischen Eizahl und Eigewicht bei Fischen. - Z. Naturforsch. 14 b: 584-592
- PETERS, H.M., 1963: Eizahl, Eigewicht und Gelegetwicklung in der Gattung Tilapia (Cichlidae, Teleostei). - Int. Revue ges. Hydrobiol. 48 (4): 547-576
- RICARDO BERTRAM, C.K., 1942: Death of St. Peter's fish in Lake Huleh, Palestine. - Nature 150 : 58
- RIEDEL, D. 1965: Some Remarks on the Fecundity of Tilapia (T. mossambica Peters) and its Introduction into Middle Central America (Nicaragua) together with a first Contribution towards the Limnology of Nicaragua. - Hydrobiologia 25 (3-4): 357-388
- ROMERO, E., (ohne Jahreszahl): Perú: Una nueva Geografia I. - Libreria Studium, Lima
- RUWET, J.C., 1962: La reproduction des Tilapia macrochir (Blgr) et melanopleura (Dum) (Pisces:Cichlidae) au lac barrage de la Lufira (Haut-Katanga). - Rev. Zool. Bot. Afr. 66 (3-4): 243-271
- SANDOVAL, A., 1978: Composición y variación del fitoplancton del Lago Sauce (Dep. San Martin) en los Estratos; Superficial, 5 y 10 metros. - tesis, UNT, Trujillo/Perú
- SCHWOERBEL, J., 1974: Einführung in die Limnologie. - Gustav Fischer Verlag, Stuttgart

- SPAAS, J.T., 1959: Contribution to the biology of some cultivated Cichlidae. Temperature acclimation, lethal limits and resistance in three Cichlidae. - Biol. Jaarb. Dodonaea 27 : 21-38
- SWINGLE, H.S., 1950: Relationships and Dynamics of Balanced and Unbalanced Fish Populations. - Agric. Exp. Stat. Alabama Polyt. Inst. 274
- TAIT, C.C., 1967: Mass fish mortalities. - Fish. Res. Bull. 3 : 28-30
- THYS VAN DEN AUDENAERDE, D.F., 1968: An annotated bibliography of Tilapia. - Mus. Roy. de l'Afrique Centr. Doc. Zool. 14
- TRESIERRA, A., 1976: Factor de Condición de Tilapia rendalli en el Lago Sauce (Dpto. San Martín) de Diciembre de 1973 a Noviembre 1974. - UNT Trujillo/Perú
- TREWAVAS, E., 1933: Scientific results of the Cambridge expedition to the East African lakes, 1930-31.II. The Cichlid fishes. - J. Linn. Soc. Lond., Zool. 38 (259) : 309-341
- VAN SOMEREN, V.D. und P.J. WHITEHEAD, 1959: The Culture of Tilapia nigra (Günther) in Ponds, part I. Growth after maturity in male T. nigra. - E. Afr. Agri. J. 25 (1): 42-46
- VAN SOMEREN, V. D. und P.J. WHITEHEAD, 1959: The Culture of Tilapia nigra (Günther) in Ponds, II. The influence of water depth and turbidity on the growth of male T. nigra. - E. Afr. Agri. J. 25 (2): 66-72

- VAN SOMEREN, V.D. und P.J. WHITEHEAD, 1960: The Culture of Tilapia nigra (Günther) in Ponds, III. The early growth of males and females at comparable stocking rates, and the length/weight relationship. - E. Afr. Agri. J. 25 (3) : 169-173
- VAN SOMEREN, V.D. und P.J. WHITEHEAD, 1960: The Culture of Tilapia nigra (Günther) in Ponds. IV. The seasonal growth of male T. nigra. - E. Afr. Agr. For. J. 26 (2): 79-86
- MILLER, A. und E. SCHNIGENBERG, 1927: Untersuchungen über das Wachstum bei Fischen, 1. Über den Einfluß des Raumfaktors auf das Wachstum der Bachforellenbrut. - Z. f. Fischerei 25 : 263-290
- NORTHINGTON, E.B., 1929: A report on the fishing survey of Lakes Albert and Kyoga. - Crown Agents, London: 1-136

7.2. Tabellenanhang

Tabelle 1A: Secchi-Tiefe (cm)

Stat./Monat	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.	Mittel
1	125	130	165	150	120	93	180	117	99	110	95	125,8
2	120	118	150	140	110	90	130	113	100	110	110	117,4
3	115	120	130	140	115	90	140	130	120	125	110	121,4
4	110	130	160	170	110	100	170	115	115	110	100	126,4
5	105	125	150	160	115	82	150	110	125	115	95	121,1
Mittel	115	124,6	151	152	114	91	154	117	111,8	114	102	

Tabelle 2A: Wasserzufluß, Wasserabfluß (m³/Sek.)

Fluß	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.
Upianillo	0,079	0,082	0,090	0,088	0,105	0,093	0,0724	0,0672	0,1296	0,05087	0,06392
Ogos	0,088	0,091	0,094	0,092	0,112	0,089	0,0479	0,0435	0,1229	0,05386	0,06721
Bigahuillo	0,160	0,170	0,170	0,170	0,195	0,189	0,1679	0,1518	0,2149	0,16032	0,07154
Jacusisa	0,260	0,330	0,410	0,405	0,630	0,545	0,3251	0,2935	0,5886	0,3957	0,51296
Pucayacu	0,980	1,140	1,210	1,195	1,350	1,191	0,7747	1,0290	0,8977	0,7865	1,29841
Total	1,597	1,813	1,974	1,950	2,392	2,108	1,388	1,585	1,9537	1,3034	2,021
Desaguadero (Abfluß)	3,250	3,246	3,278	3,275	4,223	3,927	2,8838	2,1518	1,7445	1,8621	2,71518

Tabelle 3A: Sauerstoff (mg/l)

Stat./Monat	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1	8,4	8,2	10,0	9,2	6,7	4,0	8,14	5,53	8,47	8,65	9,17	8,91	0 m
									7,34	6,95	6,34	6,54	5 m
									7,18	0,00	0,40	0,00	10 m
2	8,4	8,6	10,0	9,0	8,1	4,1	8,14	6,10	8,24	8,36	8,56	8,43	
									7,78	7,23	7,88	6,95	
									0,00	0,00	0,00	0,00	
3	9,2	9,2	10,8	9,0	8,3	4,2	8,26	8,11	8,34	8,24	8,19	8,65	
									6,77	6,54	6,62	6,72	
									0,00	0,00	0,20	2,40	
4	10,4	8,8	10,8	9,8	8,7	4,6	8,67	8,30	8,24	9,24	7,13	8,33	
									7,68	7,35	5,50	7,22	
									0,00	0,00	0,60	0,00	
5	8,4	8,2	10,0	9,6	8,5	4,5	8,81	7,91	7,26	8,61	7,95	8,51	
									8,71	7,14	5,63	7,03	
									0,00	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 4A: Sauerstoffsättigung (bei 650 m)

Stat./Monat	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.	
1	113,5	115,9	139,4	124,4	92,1	55,3	108,4	77,8	112,8	117,6	127,8	120,1	0 m
									98,1	93,9	86,6	87,9	5 m
									95,6	0	5,5	0	10 m
2	113,5	123,3	143,4	123,7	111,3	56,3	109,3	85,6	109,3	115,4	119,4	114,4	
									104,2	99,0	108,5	93,2	
									0	0	0	0	
3	125,4	130,1	151,7	123,7	113,2	57,7	113,5	115,5	112,8	113,2	114,2	117,6	
									91,9	88,9	91,8	90,6	
									0	0	2,8	31,8	
4	141,8	122,6	150,5	138,5	119,1	63,2	119,1	119,1	113,2	128,1	99,4	120,4	
									103,5	100,3	83,3	96,4	
									0	0	8,3	0	
5	114,5	115,9	140,4	133,8	117,1	61,8	119,1	113,1	101,1	120,6	103,0	114,8	
									121,8	99,4	76,3	93,6	
									0	0	0	0	

Tabelle 5A : CO₂-Gehalt in mg/l

Stat./Monat	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.	
1	1,0	0,0	0,0	0,8	0,2	1,2	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0 m
									0,0	0,0	0,0	0,0	5 m
									3,8	3,6	8,5	0,5	10 m
2	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	1,5	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	
									0,0	0,2	0,0	0,1	
									3,1	2,8	10,0	0,18	
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
									2,0	2,4	2,2	1,3	
									3,4	3,4	1,5	2,3	
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	
									0,0	0,0	10,0	0,0	
									0,0	3,2	0,0	1,6	
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
									1,0	1,5	0,0	1,4	
									4,0	2,6	7,6	2,1	

Tabelle 6A: pH-Wert

Stat./Monat	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	-	-	6,5	6,0	6,0	5,5	6,0	5,5	5,5	6,0	6,5	6,5
2	-	-	6,5	6,5	5,5	6,0	6,0	6,0	6,0	5,5	6,5	6,0
3	-	-	6,5	6,5	5,5	6,0	6,0	5,5	6,0	6,5	6,0	6,5
4	-	-	6,5	6,0	5,5	6,0	6,5	6,0	5,5	6,0	6,5	6,0
5	-	-	6,5	6,5	5,5	6,0	6,0	5,5	6,0	6,0	6,5	6,0

Tabelle 7A: Alkalinität (Gesamt- und Phenolphthalein-) (mg/l)

Stat./Monat	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1	-	-	9,0	6	6	-	59,7	48,0	48,2	48,0	58,0	45,0	0m
									45,0	52,7	63,0	51,5	5m
									68,0	67,8	67,0	59,8	10m
2	-	-	9,0	6	6	-	55,8	54,0	47,0	45,0	53,0	47,0	
									46,0	48,0	52,0	52,0	
									55,0	75,0	62,0	67,0	
3	-	-	8,0	9	7	-	53,2	52,0	46,0	43,0	54,0	45,0	
									49,0	46,0	52,0	45,0	
									56,5	70,5	65,0	72,5	
4	-	-	10,0	12	7	-	57,7	52,0	51,0	52,0	54,0	52,0	
									48,0	69,0	50,0	66,0	
									59,0	48,0	75,0	54,0	
5	-	-	10,0	9	6	-	51,3	54,0	53,0	45,5	45,0	47,4	
									42,0	49,0	66,0	49,5	
									40,0	76,0	67,0	62,6	

Phenolphthalein Alkalinität:

1	3,0	8,0	-	-	0	-	4,2	-	6,2	0	3,0	0	0 m
									4,5	0	5,0	0	5 m
									0	0	0	0	10 m
2	6,0	8,0	-	-	2	-	5,8	-	7,4	1,0	2,0	0	
									6,6	0	5,0	0	
									0	0	0	0,5	
3	4,0	8,0	-	-	4	-	6,2	-	10,5	2,0	9,0	0	
									3,5	0	0	0	
									0	2,5	0	2,5	
4	4,0	8,0	-	-	2	-	8,2	-	11,0	5,0	4,0	2,0	
									7,0	0	0	0	
									0	3,0	8,0	1,4	
5	6,0	8,0	-	-	3	-	6,8	-	0	0,5	1,0	0,4	
									6,5	0	0	0	
									1,0	0	0	0	

Tabelle 8A: Gesamthärte und Kalziumhärte (mg/l)

Gesamthärte

Stat./Mon.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1	-	94	120	100	88	110	88,4	95	95	136	88	115	0 m
									90	80	94	85	5 m
2	-	96	100	110	92	110	95	98	84	83	89	86	10 m
									74	82	88	90	
3	-	94	100	100	90	90	92	94	90,4	79	84	80	
									78	78	88	79	
4	-	92	120	120	94	94	92	102	82	82	88	85	
									86	94	90	93	
5	-	92	100	100	94	96	95,6	102	88	80	86	83	
									86	82	108	81	
									-	99	104	96	

Kalziumhärte

1	4,8	3,2	-	3,6	1,6	4,6	0,4	0,12	0,4	-	1,6	-	0 m
									0,48	-	1,6	-	5 m
2	4,4	3,4	-	3,2	1,6	3,8	0,4	0,24	0,44	-	3,2	-	10 m
									0,28	-	0,04	-	
3	3,2	4,0	-	3,2	1,2	3,4	0,6	0,24	0,32	-	0,04	-	
									0,32	-	0,8	-	
4	4,8	3,2	-	3,2	0,8	3,6	0,4	0,16	0,32	-	2,0	-	
									0,48	-	1,44	-	
5	3,2	3,2	-	3,6	0,8	4,0	0,5	0,24	0,48	-	0,96	-	
									0,32	-	0,8	-	
									0,4	-	2,0	-	
									0,4	-	0,8	-	
									0,24	-	2,4	-	
									0,4	-	8,0	-	
									0,48	-	2,4	-	

Tabelle 9A : Chloridgehalt (mg/l)

Stat./Monat	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.
1	181,2	137,9	222,7	168,8	144,7	195,0
2	178,0	136,9	226,2	161,7	143,3	198,9
3	173,0	136,5	221,3	166,7	140,4	194,3
4	173,8	148,2	220,6	166,7	143,6	194,7
5	171,6	143,3	219,9	165,2	144,3	192,5

Tabelle 10A : Nährstoffe (mg/l)

1. Nitrate:						
Stat./Monat	April	Mai	Juni	Juli	August	Septem.
1	0,220	0,075	0,45	1,00	0,325	0,690
2	0,075	0,670	0,15	0,67	0,330	0,790
3	0,150	0,340	0,07	0,67	0,190	0,690
4	0,075	0,135	0,12	0,825	0,080	0,690
5	0,550	-	0,00	0,55	0,080	0,690
2. Nitrite:						
1	0,00	0,60	0,15	0,35	0,475	0,51
2	0,00	0,15	0,00	0,41	0,22	0,28
3	0,00	0,11	0,15	0,475	0,41	0,51
4	0,00	0,275	0,22	0,475	0,34	0,51
5	0,00	-	0,22	0,605	0,26	0,51
3. Phosphate:						
1	0,084	0,099	0,085	0,085	0,096	0,135
2	0,088	0,092	0,088	0,090	0,089	0,137
3	0,086	0,090	0,085	0,091	0,086	0,137
4	0,089	0,081	0,085	0,095	0,076	0,139
5	0,082	0,092	0,080	0,090	0,072	0,140
4. Silikate:						
1	0,067	0,065	0,0655	0,067	0,078	0,064
2	0,067	0,065	0,0775	0,092	0,070	0,069
3	0,065	0,063	0,0950	0,072	0,078	0,065
4	0,068	0,056	0,067	0,064	0,0685	0,063
5	0,074	0,066	0,066	0,078	0,076	0,070
5. Sulfate:						
1	-	0,193	1,276	1,332	1,05	-
2	-	0,90	1,435	1,400	0,99	-
3	-	0,99	1,435	1,237	1,044	-
4	-	0,72	1,460	1,150	0,92	-
5	-	0,675	1,238	1,118	1,016	-

Tabelle 11A Primärproduktion (10 cm Tiefe) (in mg C pro m³ pro Std.)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
O ₂ Beginn	-	8,4	7,4	8,4	8,6	9,58	14,25	7,67	8,93	8,96	7,84	7,93
O ₂ klare F.	-	10,0	9,2	9,6	9,4	10,6	17,38	8,06	9,56	9,40	9,40	8,34
O ₂ dunkelfl.	-	8,0	6,6	8,0	8,2	8,97	13,39	7,14	8,94	8,81	7,29	7,62
Zeit (Std.)	-	6	6	6	6	5,45	6	6	5	5,45	6	6,5
Produktion	-	8,6	11,18	6,88	5,16	7,37	9,7	3,9	2,6	0,6	9,0	12,8