



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



KUNGL. LANTBRUKSSTYRELSEN

Meddelanden från Statens undersöknings- och försöksanstalt för sötvattenfisket. Nr 21.

(Mitteilungen der Anstalt für Binnenfischerei bei Drottningholm, Stockholm.)

---

STUDIEN  
ÜBER  
DEN ZUSAMMENHANG  
ZWISCHEN GESCHLECHTSREIFE  
UND WACHSTUM BEI  
LEBISTES

VON

*GUNNAR SVÄRDSON*

---

MIT 5 FIGUREN UND 10 TABELLEN.  
SVENSK SAMMANFATTNING

---

## FÖRTECKNING ÖVER KUNGL. LANTBRUKSSTYRELSENS FISKERIPUBLIKATIONER

(Meddelanden från Kungl. Lantbruksstyrelsen.)

1891. *Alexander Krüger*. Berättelse till Kungl. Lantbruksstyrelsen för åren 1889—1890 från fiskeriagenturen i Berlin. Nr 4.
- \* 1893. *Filip Trybom*. Ringsjön i Malmöhus län, dess naturförhållanden och fiske. Nr 13.
1895. *Filip Trybom*. Lyngern jämte Sundsjön, Stensjön och St. Svansjön i Älvsborgs och Hallands län. Nr 20. Pris kr. 0: 30.
1895. *Filip Trybom*. Sjöarna Noen och Valen i Jönköpings län. Nr 26.
- \* 1896. *Filip Trybom*. Sjön Bunn i Jönköpings län. Nr 31.
1897. *Filip Trybom*. Berättelse om en för fiskeristudier till Tyskland och Österrike sommaren 1896 företagen resa. Nr 40. Pris kr. 0: 30.
- \* 1898. *Einar Lönnberg*. Undersökningar rörande Öresunds djurliv. Nr 43. Pris kr. 0: 50.
1899. *Einar Lönnberg*. Fortsatta undersökningar rörande Öresunds djurliv. Nr 49. Pris kr. 0: 25.
- \* 1899. *Filip Trybom*. Sjön Nömmen i Jönköpings län. Nr 50. Pris kr. 0: 50.
- \* 1899. *Rudolf Lundberg*. Om svenska insjöfiskarnas utbredning. Nr 58. Pris kr. 1: —.
1900. *Einar Lönnberg*. Om de kaspiska fiskerierna. Nr 61. Pris kr. 0: 50.
1901. *Filip Trybom*. Bexhedasjön, Norrasjön och Näsbyssjön i Jönköpings län. Nr 76. Pris kr. 0: 50.
1902. *Einar Lönnberg*. Undersökningar rörande Skeldervikens och angränsande Kattegatt-områdes djurliv. Nr 80. Pris kr. 0: 50.
1904. *Alf. Wollebæk*. Om Mörrums- och Ätraåarnas laxfiske. Nr 94. Pris kr. 0: 20.
1905. *Thorsten Ekman*. Undersökningar över flodpärlmusslans förekomst och levnadsförhållanden i Ljusnan och dess tillflöden inom Härjedalen. Nr 110. Pris kr. 0: 20.
1906. *Carl Schmidt*. Studier över fiskvägar m. m. Reseberättelse. Nr 119. Pris kr. 0: 75.
1907. *O. Nordqvist*. Undersökning av kräftor från sjön Rottnen. Nr 128. Pris kr. 0: 25.
1908. *Thorsten Ekman*. Vassbuksfisket i Finland och Estland. Reseberättelse. Nr 136. Pris kr. 0: 25.
1910. *Carl Schmidt*. Studier över fiskvägar, fiskodlingsanstalter m. m. Reseberättelse. Nr 150. Pris kr. 0: 50.
1910. *Filip Trybom*. Undersökningar rörande svenska laxförande vattendrag. I. Viskan, Nr 156. Pris kr. 1: —.
1910. *Thorsten Ekman* och *Carl Schmidt*. Undersökningar rörande svenska laxförande vattendrag. II. Motala ström. Nr 157. Pris kr. 0: 30.
1911. *O. Nordqvist*, *Th. Ekman* och *C. Schmidt*. Undersökningar rörande svenska laxförande vattendrag. III. Dalälven. Nr 163. Pris kr. 1: —.
1914. *Ivar Arwidsson*. Spridda studier över vanliga kräftan. Nr 192. Pris kr. 0: 30.
1915. Fiskeribyran. Undersökningar rörande Sveriges fiskerier, fiskar och fiskevatten. Nr 195. Pris kr. 0: 50.

\* Upplagan slut.

KUNGL. LANTBRUKSSTYRELSEN

Meddelanden från Statens undersöknings- och försöksanstalt för sötvattenfisket. Nr 21.  
(Mitteilungen der Anstalt für Binnenfischerei bei Drottningholm, Stockholm.)

---

STUDIEN  
ÜBER  
DEN ZUSAMMENHANG  
ZWISCHEN GESCHLECHTSREIFE  
UND WACHSTUM BEI  
LEBISTES

VON

*GUNNAR SVÄRDSON*

---

MIT 5 FIGUREN UND 10 TABELLEN.  
SVENSK SAMMANFATTNING

---

STOCKHOLM 1943

ISAAC MARCUS BOKTRYCKERI-AKTIEBOLAG

437293



## Einleitung.

Es ist eine längst bekannte Tatsache, dass die Geschlechtsreife des Fisches von einem mehr oder minder starken Rückgang des Wachstums begleitet wird. Man kann also sagen, dass die Geschlechtsreife das Wachstum in stärkerem oder schwächerem Masse hemmt. Dieser Umstand ist jedoch bei den verschiedenen Arten verschieden stark ausgeprägt. Ausserdem gibt es in dieser Hinsicht oft eine weitere Ungleichheit zwischen den Geschlechtern, sodass bei einer grossen Anzahl Arten die Männchen ein schlechteres Wachstum als die Weibchen zeigen, was in der Regel darauf zurückzuführen ist, dass die Männchen früher geschlechtsreif werden. Doch bleibt bei den Männchen oft ein schlechteres Wachstum bestehen, das man nicht allein damit erklären kann, dass diese die Geschlechtsreife eher erreicht haben. Bei Barsch und Hecht z. B., die jedes Jahr laichen, werden die Weibchen auch nach dem ersten Laichen immer grösser im Verhältnis zu den Männchen.

Die Geschlechtsreife scheint nicht in einem gewissen Alter und auch nicht bei einer gewissen Grösse einzutreten. An einem Ort können die Fische z. B. die Geschlechtsreife in früherem Alter und bei einer gewissen Körpergrösse erreichen, während dagegen an einem anderen Ort dieselbe Art nicht geschlechtsreif wird, ehe sie sowohl älter als auch grösser geworden ist. Dass es bei dieser grossen Variation auch gewisse genotypische Verschiedenheiten gibt, erscheint à priori ziemlich wahrscheinlich und man hat diese für Forellen (*Salmo trutta*) insofern festgestellt (ALM 1939), als die Laichreife bei den Bachforellen im Durchschnitt etwas früher eintritt, wenn Bachforellen und grosse Seeforellen unter denselben äusseren Verhältnissen, d. h. im selben Milieu gezüchtet werden. Ausser den genotypischen Variationen liegt auch eine Einwirkung des Milieus vor, was von ALM ebenfalls sowohl für Forelle als auch für Barsch nachgewiesen werden konnte. Er konstatiert folglich, dass in gutem Milieu (bessere und reichlichere Nahrung, mehr Raum usw.) sich nicht nur das Wachstum zum Besseren verändert, sondern auch die Geschlechtsreife in Bezug auf Alter und Grösse hinausgeschoben wird. Dass diese für Forelle und Barsch festgestellte Veränderung durch das Milieu nicht allgemein gelten kann, geht jedoch aus den Erfahrungen bei der Karpfenzüchtung hervor, bei der man konstatiert hat, dass schnelle Wachstum (durch günstiges Milieu hervorgerufen) in frühzeitiger Geschlechtsreife resultiert, schlechtes Milieu dagegen in später.

Da diese Fragen selbstverständlich sehr grosses Interesse für die praktische Fischerei haben, hat man eine eventuell mögliche weitere Beleuchtung dieser verwickelten biologischen Verhältnisse für notwendig angesehen. Seit zwei Jahren sind auch eine Reihe solcher Probleme Gegenstand für Studien am Wenner-Grens Institut in Stockholm und diese Untersuchungen geniessen seit gut einem Jahr die ökonomische Unterstützung des Kungl. Lantbruksstyrelsen.

Ich möchte hier die Gelegenheit benützen dem Byråchef des Kungl. Lantbruksstyrelsen, Herrn Fil. Dr. GUNNAR ALM, für alle Hilfe und Aufmunterung, die ich durch ihn während der Arbeit erhalten habe, herzlich zu danken. Ausserdem möchte ich gerne Herrn Prof. GERT BONNIER danken für die wertvolle Prüfung der statistischen Analysen, wie auch dem Vorstand der Abteilung für Entwicklungsmechanik und Vererbungslehre, Herrn Prof. SVEN HÖRSTADIUS, sowie auch meinem Kollegen Herrn Fil. Lic. TORSTEN WICKBOM für wertvolle Kritik.

### **Versuchstiere und Versuchsanordnungen.**

Von ausschlaggebender Bedeutung für das Studium verwickelter Problemkomplexe ist der Zugang zu einem geeigneten Versuchstier. Wenn es, wie in diesem Falle, allgemeine Prinzipien und wahrscheinlich ziemlich allgemein gültige biologische Regeln betrifft, ist es natürlich von grosser Bedeutung, dass man ein billiges, kleines und behendes Versuchstier bekommt, mit dem man die Laboratoriumsversuche ausführen kann. Ein Tier also, dessen ganzer Lebenskreislauf sich ohne grosse Schwierigkeiten im Aquarium abspielen kann. Schon bei Züchtung in Teichen wird durch Milieuvariationen ein unbekannter Faktor eingeführt, von dessen Wirkung man oft nichts mit Sicherheit weiss, und es kommt hierdurch folglich eine Unsicherheit in den Versuchsergebnissen zu Stande, die den Versuch als solchen oft vollständig verschiebt. Auch bei solchen Problemen, bei welchen man mit Recht Verschiedenheiten bei verschiedenen Arten erwarten kann, kann es vielleicht oft am geschicktesten sein, erst klarzulegen wie es sich bei einem geeigneten kleinen Versuchstier verhält, worauf es mit diesem Resultat als Ausgangspunkt leichter sein dürfte zu untersuchen in welcher Hinsicht eventuelle Unterschiede vorliegen.

In den hier unten besprochenen Versuchen sind immer die gewöhnlichen Aquariumfische, *Lebistes reticulatus*, verwendet worden. Diese haben verschiedene Vorteile: nämlich billig zu sein, leicht zu behandeln, geduldig, mit geringer Mortalität, schnelles Wachstum zu haben usw. Aber sie haben auch einige Nachteile, von denen die meisten mit der Eigenschaft der Fische »lebendiggebärende« zu sein, zusammenhängen. Die Eier werden nämlich schon innen im Eileiter des Mutterleibes befruchtet, wo die Eier die

ganze Embryonalentwicklung durchlaufen, sodass die Jungen erst geboren werden, wenn sie die Dottersack resorbiert haben und direkt zu schwimmen anfangen können. Als Folge davon ist die Anzahl der Jungen per Wurf ziemlich klein (nur ausnahmsweise über 60—70 Stück). Im Zusammenhang mit der Befruchtung im Eileiter steht auch die vom Versuchsstandpunkt aus wenig geeignete Tatsache, dass die Spermien sehr lange ihre Lebensfähigkeit bewahren können. Die Folge ist, dass ein Weibchen, dass einmal befruchtet worden ist, danach ohne jede Paarung viele Würfe gebären kann. Wenn ein Weibchen bei einem Kreuzungsversuch angewendet worden ist, dauert es infolgedessen sehr lange bis es von Neuem zu einer Kreuzung verwendet werden kann.

Das Weibchen des *Lebistes* wirft ungefähr einmal im Monat Junge, die bei der Geburt ungefähr 6—7 mm lang sind. Das Wachstum der Jungen geht sehr schnell vor sich, ist jedoch in hohem Grad von Art und Menge der Nahrung, Raum, Wasserbeschaffenheit usw. abhängig. Bei mässiger Besetzung (d. h. 20—30 St. per Aquarium mit 6 Liter Wasser) erreichen sie nach ca 8—12 Wochen eine Grösse von 14—17 mm. In diesem Alter und dieser Grösse setzt die Geschlechtsreife meistens ein. Die Männchen erreichen die Geschlechtsreife etwas vor den Weibchen und die ersten Strahlen der Anal-flosse werden jetzt zu einem sogenannten Gonopodium umgewandelt, das als Paarungsorgan funktioniert. Ausserdem werden die Strahlen der Rücken-flosse verlängert, und auf der Körperseite treten rote und schwarze Flecken von verschiedener Grösse und Intensität auf. Nach einiger Zeit ist das Männchen fertig gefärbt, mit schönen und bunten Farben über dem ganzen Körper, sowie meistens auch auf der Rücken- und Schwanzflosse. Die Farben des Männchens sind erblich bedingt und vererben sich meistens nur vom Vater auf den Sohn, was vor allem von WINGE nachgewiesen worden ist. Sobald das Männchen fertig gefärbt ist, hört das Wachstum so gut wie vollständig auf. Messungen haben ergeben, dass nachdem sich die ersten Flecken auf der Körperseite gezeigt haben, das weitere Wachstum des Tieres sich auf 1—2 mm beschränkt hat. Dem Weibchen fehlen dagegen alle Farben auf Körperseite und Flossen und es wächst während der Geschlechtsreife weiter, jedoch allmählich in etwas langsamerem Tempo. Ein einjähriges Weibchen, das in mittelgutem Milieu gelebt hat, ist ungefähr 30 mm lang, wenn es dagegen in günstigem Milieu gelebt hat, kann es im selben Alter 40 mm erreicht haben. Danach ist das Wachstum sehr schwach und die Tiere sterben ziemlich bald. Eine Reihe Wachstumskurven, die das kontrollierte Wachstum bei einem Wurf *Lebistes* zeigen, finden wir auf Fig. 1.

Die Versuche wurden in Aquarien gewöhnlicher Art oder in Glasgefässen ausgeführt. Gewöhnliches Wasserleitungswasser wurde verwendet und das Wasser ist ziemlich oft gewechselt worden. Zur Sauerstoffsättigung des Wassers ist ein Druckluftsystem angewendet worden, sodass ein kontinuier-

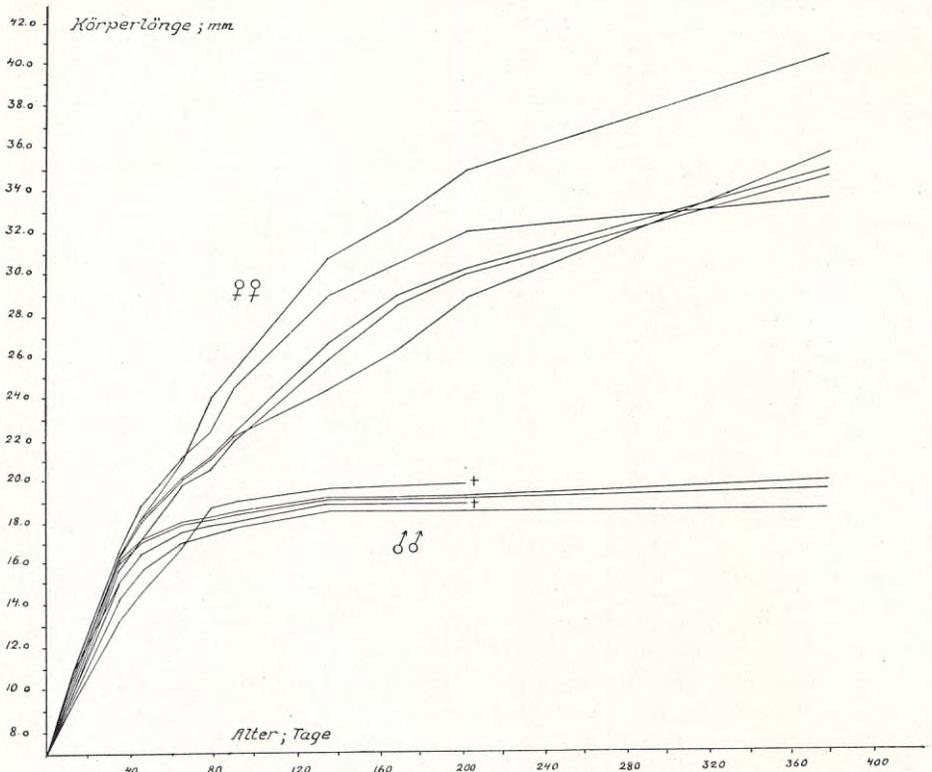


Fig. 1. Das Wachstum eines Lebistes-wurfes innerhalb eines Jahres.

licher Luftstrom durch jedes Aquarium aufgestiegen ist. Sämtliche Aquarien sind in einem dafür bestimmten Zimmer, dessen Temperatur ständig auf 25 Grad Celsius gehalten wurde, gestanden.

Die Tiere sind jeden Tag mit »Wavil« gefüttert worden (einem Handelspreparat, das hauptsächlich aus Kasein besteht) sowie einmal in der Woche mit frischer Kalbsleber.

Die Versuche sind in der Regel so vor sich gegangen, dass ein Wurf Jungen in zwei Teile mit gleichviel Tieren geteilt wurde, welche daraufhin in 2 gleich-grosse Aquarien nebeneinander gesetzt wurden. Dadurch dass auf diese Weise Wassertemperatur, Wassermenge, Wasserbeschaffenheit, Lichtmenge, Anzahl Jungen per Volumeneinheit Wasser, Nahrungsmenge per Tier usw. für beide Aquarien dieselbe gewesen ist, hat man Milieuverschiedenheiten auf einem Minimum gehalten. Die eine Gruppe Jungen hat dann als Kontrolle gedient, während die andere die Tiere enthielt, mit welchen die Versuche (Geschlechtshormone usw.) gemacht wurden.

Das Wachstum ist durch Längenmessungen bestimmt worden. Dabei sind die Tiere betäubt worden, zuerst indem sie in Wasser gebracht wurden, dem einigen Tropfen Äther zugesetzt waren; später einfach indem sie in Wasser mit niedriger Temperatur (2—5 Grad Celsius) gesetzt wurden. Die Sterblichkeit durch Ätherbetäubung war manchmal bis zu 10 %, während der kalte Chok keine schwereren Nachwirkungen mit sich zu bringen scheint. Kein Tier ist bis jetzt durch einen solchen kalten Chok eingegangen, aber einige wenige haben durch die heftigen Krampfanfälle bleibende Deformationen des Rückgrades bekommen. Die Längenmasse umfassen die Länge von der Nasenspitze bis zur letzten Schuppe auf der Schwanzflosse, welche direkt vor der Flossenbasis sitzt.

Um so weit wie möglich eine subjektive Beurteilung der Versuchsergebnisse zu vermeiden ist eine ziemlich umfassende statistische Analyse der meisten Versuche vorgenommen worden. Die gewöhnlichen Mittelfehlerberechnungen sind durch die modernen Variationsanalysen ersetzt worden, die wohl im Prinzip sehr gleichartig sind, aber doch den Vorteil einer etwas einfacheren und schnelleren Ausrechnung haben. Die statistischen Methoden und die verwendeten Symbole sind die in Bonnier — Tedins Arbeit »Biologische variationsanalyse« (Stockholm 1940) empfohlenen.

### **Die Einwirkung der Geschlechtsreife auf das Wachstum.**

Dass das Wachstum des Körpers bei einem Fisch von dem Eintreten der Geschlechtsreife und dem Laichen mehr oder weniger gehemmt wird, kann, wie vorher erwähnt, als eine seit langer Zeit empirisch festgestellte Regel betrachtet werden. Obwohl infolgedessen sämtliche, die das Wachstum der Fische näher studiert haben, mehr oder weniger im Vorbeigehen, die Wirkung der Geschlechtsreife erwähnt haben, ist soviel ich weiss kein genauer Versuch gemacht worden, wirklich zu erklären, wie das kommt. Man hat nur auf den gesteigerten Energieverbrauch hingewiesen, der zu Aufbau und Reife der Gonaden benötigt wird. Nachdem im anderen Fall diese Energie von dem Tier zu reinem Körperwachstum hätte verwendet werden können, erscheint es natürlich, dass das Wachstum etwas abnimmt.

Die konstatierte Verschiedenheit der Geschlechter in dieser Hinsicht ist viel schwerer mit diesem Energieverlust zu erklären. WUNDER (1939) macht jedoch einen Versuch gelegentlich einer Erörterung, dass beim Karpfen die Männchen schlechter wachsen und die hochrückige Form nicht bekommen, die typisch für Tiere mit gutem Wachstum in gutem Milieu ist. Er sagt darüber: «Die Männchen verbrauchen vom zweiten zum dritten Lebensjahr so viele Stoffe für den Aufbau ihrer Geschlechtsprodukte, dass sie um  $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$  im Gewicht hinter den Weibchen zurückbleiben. Die Weibchen dagegen neigen

vom dritten zum vierten Lebensjahr bei der Ausbildung des Rogens besonders zum Wachstum. Sie fressen offenbar ausserordentlich stark und können ausser der grossen Menge Rogen auch viele Reservestoffe in ihren Körper ablegen und die hochrückige Form annehmen.»

Es ist jedoch offenbar, dass der Energieverbrauch bei der Spermiogenesis des Männchens nicht die ganze Erklärung dafür sein kann, dass das Männchen während der Geschlechtsreife schlechter wächst als das Weibchen. Bei den meisten Lachsfischen gibt es ja keinen Grössenunterschied zwischen den Geschlechtern und wenn die energieverbrauchende Spermiogenesis des Männchens die wachstumhemmende Ursache wäre, müsste das ja selbstverständlich generell gelten. Im Übrigen dürfte die Ansicht, dass die Geschlechtsreife des Männchens mehr Energie als die des Weibchens verbraucht, nicht so stark begründet sein, mit Rücksicht auf die grossen Nahrungsmengen, die im Ovarium des Weibchens als Dotter in den Eiern angehäuft werden. Wahrscheinlich ist das Verhältnis hier eher umgekehrt und der Energieverbrauch beim Weibchen grösser.

Weitere Erklärungen müssen deshalb ergriffen werden, um in befriedigender Weise die allgemeine Wachstumsinderung bei der Geschlechtsreife, sowie besonders die in dieser Hinsicht herrschenden Geschlechtsunterschiede, zu erklären. Nachdem nun die moderne Hormonforschung klargelegt hat, dass bei der Geschlechtsreife spezielle Stoffe, Geschlechtshormone, in den Gonaden produziert werden und dass diese bei ihrer Zirkulation im Körper die Entwicklung der sekundären Geschlechtscharaktere hervorrufen, liegt es ja nahe zur Hand, das verringerte Wachstum als einen sekundären Geschlechtscharakter zu deuten, ungleich stark ausgeprägt bei verschiedenen Arten und zwischen den Geschlechtern. Nachdem die Geschlechtshormone jetzt im Handel zu haben sind, kann ganz leicht erprobt werden, ob die Geschlechtshormone irgendwelche Einwirkung auf das Wachstum haben und in diesem Falle welche.

Solche Versuche sind auch in ziemlich grosser Zahl ausgeführt worden, mit der doppelten Absicht, teils die Einwirkung der Geschlechtshormone auf das Wachstum festzustellen, teils auch die schwer zu lösenden Fragen bez. Geschlechtsbestimmung und Geschlechtsstabilität bei Fischen zu studieren.

Das weibliche Geschlechtshormon Oestron kommt im Handel meistens in Form von Oestradiolbenzoat vor, welches das Institut liebenswürdigerweise von A. B. Astra, Södertälje, und A. B. Leo, Hälsingborg, geschenkt bekommen hat. Männliches Geschlechtshormon, Testosteron, kommt als Testosteronpropionat vor, welches liebenswürdigerweise gleichfalls von A. B. Astra und ausserdem der Gesellschaft für Chemische Industrie in Basel zur Verfügung gestellt wurde. Den genannten Firmen möchte der Verfasser hiermit seinen herzlichen Dank für diese wertvolle Hilfe aussprechen.

### Wachstumsversuche mit Oestron.

Da die Einwirkung von Oestron auf das Wachstum je nach dem Alter und Geschlecht der Tiere variiert, werden die Berichte über die Versuche im Zusammenhang mit der Differenzierung des Materiales aufgestellt werden.

a. *Versuch mit Jungen im Wachstum.* Bei der Geburt befinden sich die Gonaden der Lebistesjungen in einem protogynen, hermaphroditischen Stadium, das zuerst von DILDINE (1936) nachgewiesen wurde. Im Alter von einer Woche sind jedoch die Gonaden klar in einen männlichen und weiblichen Typ unterschieden. Erst nachdem die Jungen etwa zwei Monate alt sind, beginnt sich das Gonopodium des Männchens zu entwickeln und die zuwachsenden Eier des Weibchens beginnen durch die dünne Körperwand zu schimmern. Die erste Zeit ist also ein äusserlich indifferentes Stadium.

Zwei grosse neugeborene Würfe Jungen wurden in 2 Gruppen geteilt, von denen die eine Oestron in der Nahrung bekam, während die andere als Kontrolle diente. Die Geschlechtshormone, die in den Handelspreparaten meistens in Oliven- oder Sesamöl aufgelöst sind, wurden mit »Wavil« vermischt, das als Futter diente. Die Kontrolltiere erhielten (wie bei allen übrigen Versuchen) gleich grosse Mengen »Wavil« mit reinem Öl vermischt, damit sich keine Fehlerquellen dadurch einschmuggeln sollten, dass nur die eine Gruppe Öl im Futter bekam. Während des Versuches erhielten die Tiere im Ganzen 300 000 I. B. E. (Internationale Benzoat-Einheiten.)

Bei Beginn des Versuches waren in jeder Gruppe 42 Junge, bei den Messungen 35 Tage später waren von den Oestrontieren 39 und von den Kontrolltieren 41 St. übrig. Ein Wachstumsunterschied, auf der verschiedenen Anzahl der überlebenden Jungen beruhend, kann sicherlich nicht vorliegen. Bei den Messungen wurden die Längenmasse in mm erhalten, die man in Tabelle 1 findet.

**Tabelle 1. Grösse der Versuchs- und Kontrolltiere in mm während eines Oestronversuches.**

Versuchstiere								Kontrolltiere							
8.6	8.7	8.9	9.3	9.4	9.6	9.7	9.8	9.1	9.6	9.6	9.6	9.7	9.8	9.8	9.9
9.9	10.2	10.3	10.4	10.4	10.4	10.4	10.5	10.0	10.0	10.2	10.2	10.2	10.4	10.8	10.9
10.8	10.8	10.9	10.9	11.0	11.0	11.0	11.1	10.9	11.0	11.0	11.1	11.1	11.1	11.3	11.7
11.1	11.1	11.3	11.3	11.4	11.4	11.4	11.6	12.0	12.0	12.1	12.2	12.2	12.3	12.4	12.4
11.8	11.8	11.9	12.0	12.2	12.4	13.0		12.5	12.6	12.7	12.9	13.2	13.9	14.0	14.3
$\bar{x} = 10.76$								$\bar{x} = 11.40$							
S. 419.7								S. 467.3							

Wie aus der Tabelle hervorgeht, sind die mit Oestron gefütterten Tiere etwas schlechter gewachsen als die Kontrolltiere. Die resp. Mittelwerte sind 10.76 mm und 11.40 mm. Wenn man den Grössenunterschied in Tage nach dem durchschnittlichen Wachstum bei dieser Zeit umrechnet, entspricht dieser einem Zeitverlust von 5 Tagen bei den Oestrontieren oder ungefähr 14 % des Alters.

Von grosser Bedeutung ist jedoch die Frage ob der erreichte Unterschied statistisch sicher ist, weshalb eine Variansanalyse nötig ist. Das Prinzip derselben besteht darin, dass der Grössenunterschied zwischen den beiden Gruppen mit der Grössenvariation innerhalb der beiden Gruppen verglichen werden soll. Wenn man jeden ermessenen Wert, das heisst jedes Variat, mit  $x$  bezeichnet, den Mittelwert der Werte der Variate  $\bar{x}$  nennt und  $S(x)$  die Summe aller Variate bezeichnet so wird die Grösse der Variation innerhalb des ganzen Materiales von der Zahl  $S(x - \bar{x})^2$  gemessen. Diese Zahl,

die »Quadratsumme«, kann jedoch auch durch die Formel  $S(x)^2 - \frac{[S(x)]^2}{n}$

ausgedrückt werden, in der  $n$  die Anzahl der Variate bezeichnet. Die Quadratsumme ist in Übereinstimmung mit dieser Formel viel leichter zu berechnen.

Im vorliegenden Fall ist  $S(x) = 419.7 + 467.3 = 887.0$ . Die Anzahl der Variate ist  $39 + 41 = 80$ . Die Summe aller Quadrate der Variate, d. h.  $S(x)^2 = 9965.00$ . Setzt man diese Werte in die Formel zur Berechnung

der Quadratsumme ein, so erhält man  $9965.00 - \frac{(887.0)^2}{80} = 9965.00 - 9834.61 = 130.39$ , was also die Grösse der Quadratsumme für das ganze Material ausmacht.

Ausserdem soll die Variation zwischen den Werten der beiden Gruppen gemessen werden, was durch Berechnung einer Quadratsumme auch für diese Variation geschieht. Diese erhält man dadurch dass die Teilsumme aus  $x$  einer jeden Gruppe ins Quadrat erhoben wird und danach mit der Anzahl Variate innerhalb jeder Gruppe dividiert wird. Die erhaltenen Zahlen werden addiert, worauf von dieser Summe die weiter oben genannte Zahl  $\frac{[S(x)]^2}{n}$ ,

d. h. die Zahl, die in die Berechnung der Quadratsumme für das ganze Material inbegriffen ist, abgezogen wird. Im vorliegenden Fall erhält man also die Quadratsumme für »zwischen den Gruppen« auf folgende Weise:

$\frac{(419.7)^2}{39} + \frac{(467.3)^2}{41} - 9834.61 = 8.09$ . Hierdurch ist die Variation innerhalb

des Versuches durch zwei verschiedene Quadratsummen ermessens worden, einer grösseren, die die Variation innerhalb des ganzen Materiales misst, und einer kleineren, die die Variation zwischen den beiden Gruppen misst. Eine dritte und letzte Quadratsumme, die die Variation innerhalb jeder Gruppe

misst, d. h. der Variation die man, mangels sicherer anderer Erklärung, bis auf weiteres dem Zufall zuschreiben muss, erhält man einfach indem man die kleinere errechnete Quadratsumme von der grösseren abzieht:  $130.39 - 8.09 = 122.30$ .

Diese zuletzt ausgerechnete Quadratsumme für »innerhalb der Gruppen« soll jetzt mit der Quadratsumme für »zwischen den Gruppen« verglichen werden, was doch nicht sofort geschehen kann. Die Variation wird natürlich grösser je mehr Werte in die Quadratsumme eingehen, d. h. es muss Rücksicht auf die Anzahl der Variate genommen werden. Die Quadratsumme muss deshalb mit der Anzahl der *Freiheitsgrade* dividiert werden. Die Freiheitsgrade bestehen aus den Zahlen  $n-1$  für die resp. Quadratsumme. Für die grösste Quadratsumme (für das ganze Material) ist die Anzahl der Variate 80. Die Freiheitsgrade sind also 79. Für die Quadratsumme »zwischen den Gruppen« ist die Variatanzahl nur 2 (da in diesem Fall nur 2 Versuchsgruppen zu vergleichen sind) weshalb die Freiheitsgrade zu einem einzigen reduziert werden. Die Anzahl Freiheitsgrade für die Quadratsumme »innerhalb der Gruppen« erhält man in Analogie mit der Ausrechnung der Quadratsumme selbst, indem man den Unterschied zwischen den beiden anderen Freiheitsgraden der Quadratsummen berechnet:  $79 - 1 = 78$ .

Die Quote zwischen der Quadratsumme und der entsprechenden Anzahl Freiheitsgrade, die dieser entspricht, sind der eigentliche Wert der Variation und wird *Mittelquadrat* genannt. Die durchgeführten Berechnungen ergeben folgendes Bild:

Variationsursache	Freiheitsgrade	Quadratsumme	Mittelquadrat
»Zwischen den Gruppen« .....	1	8.09	8.09
»Innerhalb der Gruppen« .....	78	122.30	1.57
Summe	79	130.39	—

Aus dieser Übersicht geht hervor, ausser dem Zusammenhang zwischen Quadratsummen und Freiheitsgraden, dass die Variation innerhalb der Gruppen viel kleiner ist als die Variation zwischen diesen, da das letztgenannte Mittelquadrat bedeutend grösser ist. Da die Variation »innerhalb der Gruppen«, wie schon bemerkt, als ein Resultat des Zufalls angesehen werden muss, kann das erzielte Resultat dadurch geprüft werden, dass diese Zufalls- oder Fehlvariation mit der Variation zwischen den Gruppen verglichen

wird. Dazu wird die Quote  $\frac{8.09}{1.57} = 5.15$  gebildet. Diesem Quotewert entspricht gemäss einer speziellen Tabelle eine Wahrscheinlichkeit P. von 0.03. Diese Zahl bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit, dass der gefundene Unterschied durch einen Zufall zu Stande gekommen ist, nur 3 % beträgt, was natürlich andererseits auch bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit, dass

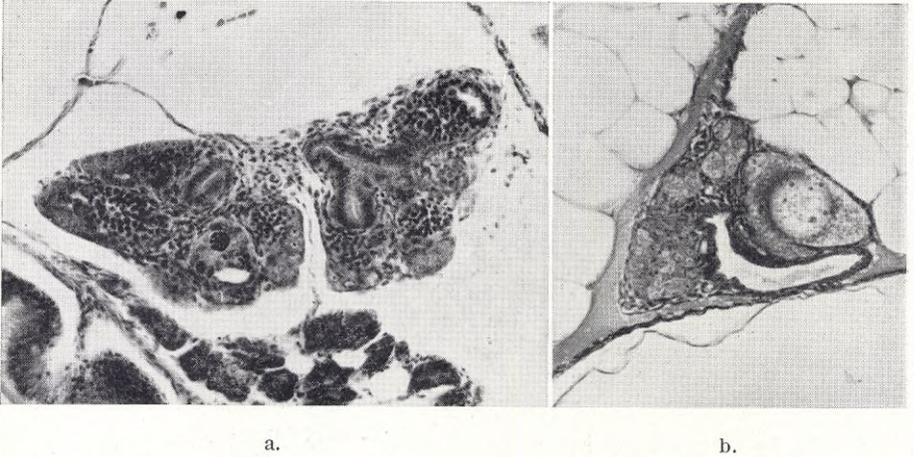


Fig. 2. Hoden bei zwei 12 mm langen *Lebistes*männchen. a. Kontrolltier. b. Männchen das mit Oestron gefüttert worden war. Der Hoden ist schwach entwickelt und ein grosses Oocyt ist sichtbar.

der im Versuch erhaltene Grössenunterschied wirklich ist, und in diesem Fall auf der Einwirkung von Oestron beruht, 97 % beträgt.

Schon diese Zahl muss wohl als ziemlich sicher angesehen werden und das Resultat wird weiterhin dadurch bestärkt, dass andere hier wegen der Raumfrage nicht angeführte Versuche mit Oestronbehandlung wachsender Jungen ebenfalls eine ungefähr gleich starke Wachstumsminderung aufweisen. Mit vollkommener Sicherheit kann man also sagen, dass *Oestron das Wachstum der Jungen hemmt*.

*b. Versuch mit Tieren, die die Geschlechtsreife erlangen.* Eine allgemeine Verspätung in der Entwicklung infolge oestronhaltiger Nahrung charakterisiert, wie aus dem vorhergehenden Versuch hervorging, das frühere Wachstum. In einem etwas älteren Stadium kann man bei den Jungen folgende Veränderung beobachten. Die Weibchen erreichen infolge des Oestrone eine etwas zeitigere Geschlechtsreife, wenigstens im Verhältnis zur Grösse, was daraus hervorgeht, dass sie oft etwas grössere Ovarien als die ebenso grossen Kontrolltiere haben. Die Tiere dagegen, die keine durch die Bauchwand sichtbaren Eier bekommen und deshalb die genetischen Männchen sein müssen, erreichen keine äussere Geschlechtsdifferenzierung während der Behandlung. Sie wachsen langsam und allmählich über die Grösse, in der sie normalerweise die Geschlechtsreife erreicht hätten und die sie danach nicht überschritten hätten, hinaus. Bei näherer Untersuchung zeigt es sich, dass ihre Hoden durch das Hormon gezwungen wurden auf einem unentwickelten Stadium zu verbleiben. Man kann auch auf junge Eizellen, Oocyten, in den Hoden stossen, die sonst nicht bei normalen Tieren vorkommen. (Fig. 2.)

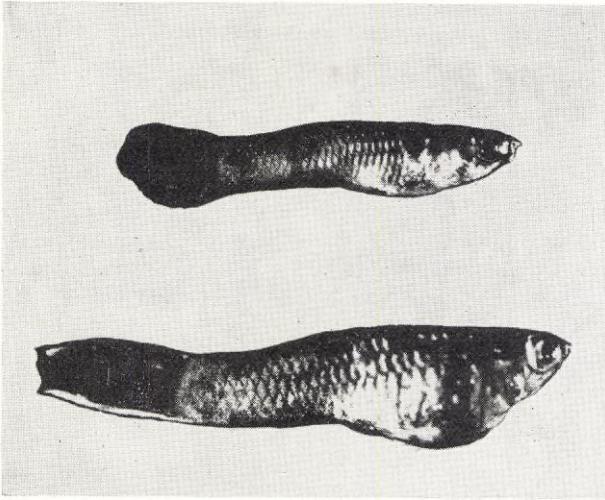


Fig. 3. Vergleich zwischen einem sehr grossgewachsenen Kontrollmännchen von 20.0 mm (oben) und einem durch wiederholte Oestronbehandlung erzielten Männchen von 26.4 mm.

Das gleiche Phänomen ist auch von BERKOWITZ (1941) beschrieben worden, der die Reaktion der Hoden bei der Oestronbehandlung näher studiert hat. Wenn die Behandlung aufhört, tritt doch ziemlich schnell eine Geschlechtsreife ein, die sich durch Gonopodien-entwicklung, Farben auf Körper und Flossen, stockendes Wachstum usw. äussert. Die Geschlechtsreife trifft also bedeutend später als normal ein (wenn die Behandlung fortgesetzt wird, scheinen die Männchen die Geschlechtsreife überhaupt nicht zu erreichen). Statt dessen sind sie in diesem Falle viel grösser als normale Tiere. Dies geht deutlich aus den ermessenen Grössen einer Anzahl oestronbehandelter Männchen in einem Versuch hervor. Die Männchen wurden hier in dieser späten Geschlechtsreife gemessen. (Tab. 2.)

**Tabelle 2. Die Grösse der Männchen bei der Geschlechtsreife in einem Oestronversuch.**

Versuchstiere					Kontrolltiere				
16.2	16.7	16.8	16.8	17.1	13.4	14.4	14.7	14.8	14.6
17.5	17.7	18.2	19.5		15.2	15.3	16.1	16.4	
$\bar{x} = 17.39$ S. 156.5					$\bar{x} = 14.99$ S. 134.9				

Aus der Tabelle geht hervor, dass der Grössenunterschied bedeutend und statistisch sicher ist. Als ein weiterer Vergleich kann genannt werden, dass bei 130 unbehandelten, gemessenen Männchen von gleichem Genotyp die

Maximalgrösse 16.5 mm war, eine Zahl, die wie aus der Tabelle ersichtlich ist, von allen mit Ausnahme eines Einzigen der oestronbehandelten Tiere überschritten worden ist.

Dadurch dass die Behandlung ziemlich lange fortgesetzt worden ist, erhielt man auch Männchen, die bei der Geschlechtsreife 20—21 mm erreicht hatten und durch wiederholte Oestronbehandlung wurde 1 Männchen erhalten, das bedeutend grösser und dicker war als ein normales Männchen und das 26.4 mm mass. (Fig. 3.)

c. Versuch mit geschlechtsreifen Tieren. Weibchen. Mehrere Versuche wurden mit oestronhaltiger Ernährung und schon geschlechtsreifen Weibchen ausgeführt. Ein solcher Versuch, für den hier Rechenschaft abgelegt werden soll (die Resultate waren die gleichen in sämtlichen Versuchen) umfasste 24 geschlechtsreife Weibchen in der Grösse 16—21 mm, welche Ganzgeschwister waren und dem gleichen Wurf angehörten. Der Versuch dauerte 18 Tage und wurde auf die gleiche Weise wie die vorher beschriebenen ausgeführt. Die Dosis während dieser Zeit war 100 000 I. B. E. Dadurch dass diese Weibchen teils etwas in der Grösse variierten, teils mit einer verschiedenen Strahlenanzahl in den Anal- und Rückenflossen versehen waren, konnten sämtliche Tiere bei den Messungen auseinandergehalten werden, das heisst das Wachstum konnte für jedes Tier festgestellt werden. (Tab. 3.)

**Tabelle 3. Das Wachstum der Versuchs- und Kontrolltiere in mm während einer 18-tägigen Oestronbehandlung.**

Versuchstiere						Kontrolltiere					
0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.9	0.9	1.0	1.3	1.4	1.4
0.2	0.5	0.5	0.8	0.8	0.9	1.6	1.8	1.8	1.9	1.9	2.2
S. 4.5						S. 18.1					

Es ist deutlich, dass die mit Oestron gefütterten Weibchen bedeutend schlechter gewachsen sind als die Kontrolltiere. Eine Variationsanalyse über die Zuverlässigkeit der erhaltenen Wachstumsunterschiede ergibt das folgende Resultat:

$$S(x) = 22.6 \quad n = 24 \quad S(x^2) = 32.08 \quad S(x - \bar{x})^2 = 10.80.$$

$$\text{Quadratsumme »zwischen«} = 7.71.$$

Variationsursache	Freiheitsgrade	Quadratsumme	Mittlerquadrat
»Zwischen den Gruppen« . . . . .	1	7.71	7.71
»Innerhalb der Gruppen« . . . . .	22	3.09	0.14
Summe	23	10.80	—

Quote:  $\frac{7.71}{0.14} = 55.07$

Dieser Quote entspricht ein P-wert von ca 0.00001, weshalb die Möglichkeit, dass der Zufall den Wachstumsunterschied hervorgerufen hat, verschwindend klein ist. Das Resultat zeigt also, dass eine kräftige *Oestronhemmung des Wachstums auch bei den geschlechtsreifen Weibchen stattfindet*.

Männchen. Die Einwirkung des Oestrone auf die schon geschlechtsreifen Männchen ist im Prinzip die gleiche wie auf die jungen noch nicht geschlechtsreifen Männchen. Das Oestron hat also eine antagonistische Wirkung auf die Hoden, die ziemlich schnell zu degenerieren anfangen. Wie weit diese Degeneration fortschreitet, kommt auf die Dosis und die Zeit, die der Versuch dauert, an. Nach ungefähr 14 Tagen beginnen folglich die Farben der Männchen zu verbleichen und sie verschwinden zuletzt vollständig. Bei einer Dosis von 50 000 I. B. E. per 14 Tage wird das Männchen so gut wie farblos nach 1—3 Monaten. Diese Farbveränderung beruht natürlich darauf, dass die Farben von dem männlichen Geschlechtshormon erzeugt werden und diese Hormonproduktion wird bei der Degeneration der Hoden verhindert. Wenn nun diese normalen Hodenhormone auch die Ursache dazu wären, dass das Männchen während dieser Zeit nicht nennenswert wächst, so würde die Oestronbehandlung den Effekt haben, dass das Männchen wieder zu wachsen anfängt. Dass dies auch wirklich der Fall ist, geht aus folgenden Versuch hervor. (Tab. 4.)

**Tabelle 4. Das Wachstum der geschlechtsreifen Männchen in mm während eines Oestronversuches von 37 Tagen.**

Versuchstiere				Kontrolltiere			
0.6	0.7	0.7	0.7	0.2	0.2	0.3	0.4
0.7	0.9	0.9	1.3	0.5	0.5	0.6	0.6
S. 6.5				S. 3.3			

Variationsanalyse:  $S(x) = 9.8$ .  $n = 16$ .  $S(x^2) = 7.18$ .  $S(x - \bar{x})^2 = 1.18$

Variationsursache	Freiheitsgrade	Quadratsumme	Mittelquadrat
»Zwischen den Gruppen» .....	1	0.64	0.64
»Innerhalb der Gruppen» .....	14	0.54	0.04
	15	1.18	—
			Quote: $\frac{0.64}{0.04} = 16.0$

Dieser Quote entspricht ein P-wert von 0.002, das heisst die Wahrscheinlichkeit, dass der gefundene Unterschied nicht auf einem Zufall beruht, ist 99.8 %, was eine sehr überzeugende Zahl ist.

*Zusammenfassung der Oestronwirkung auf das Wachstum.* Wie aus den hier vorgelegten Versuchsergebnissen hervorgeht, wird das Wachstum bei den Leibesweibchen von dem Geschlechtshormon Oestron gehemmt. Die Hemmung setzt vollkommen unabhängig von Alter und Entwicklung des Tieres

ein. Bei den Jungen fällt diese Wachstumshemmung mit einer Steigerung der Ovarialtätigkeit zusammen, bei den älteren Tieren ist dies schwerer festzustellen, scheint aber ziemlich glaubhaft. Dies unter anderem deshalb, weil die bei alten Weibchen manchmal aus unbekanntem Gründen auftretende Ovarialdegeneration, die bald zum Tode führt, durch Oestron vollkommen aufgehoben werden kann, sodass das Ovarium wieder auf gewöhnliche Weise fungiert. Es ist bei Fischen wahrscheinlich so, dass das Geschlechtshormon des eigenen Geschlechtes auch eine schwach gonadbefördernde oder *gonadotrope* Wirkung hat, was so weit bekannt ist, in keiner anderen Vertebratengruppe vorkommt.

Bei Männchen ist die Oestroneinwirkung auf das Wachstum eine andere. Junge Männchen werden von dem Oestron in ihrem Wachstum gehindert, aber im Gegenteil wirkt das Oestron wachstumsfördernd von dem Augenblick an, in dem das Männchen seine normale Geschlechtsreife erreicht hat, oder erreichen hätte sollen. Dies hängt damit zusammen, dass die Hoden einer Degeneration anheimfallen, die bei jungen Männchen so weit gehen kann, dass sich statt dessen Eizellen entwickeln.

Aus diesen Versuchsergebnissen können einige interessante Schlüsse bez. der wirklichen Ursache der Wachstumshemmung bei der Geschlechtsreife gezogen werden. Wie vorher erwähnt, kann dies wenigstens theoretisch dadurch erklärt werden, dass der Energieverlust bei dem Wachstum der Gonaden so kräftig wird, dass dadurch dem reinen Körperwachstum Energie entzogen wird. Wenn das nun wirklich der Fall wäre, müssten z. B. junge Männchen (noch nicht geschlechtsreife) bei der Oestronbehandlung besser als normal wachsen, dadurch dass ihr Hodenwachstum vermindert wird, was folglich dem reinen Körperwachstum mehr Energie zuführen müsste. Dies ist jedoch nicht der Fall, sondern das Oestron wirkt im Gegenteil bei diesen Tieren hemmend auf das Wachstum, genau wie bei den Weibchen in jedem Alter. Man kann hierdurch als ermittelt halten, verglichen mit dem was schon einleitungsweise über diese Auslegung gesagt wurde, dass die Wachstums-minderung infolge des Energieverbrauches bei der Reife der Gonaden nicht von einer solchen Stärke ist, dass man damit das Phänomen, dass das Wachstum bei der Geschlechtsreife gemindert wird, ganz erklären kann. Im Gegenteil es ist schon jetzt klar, dass diese Hemmung als ein sekundärer Geschlechtscharakter aufzufassen ist, das heisst, *dass sie von den bei der Geschlechtsreife produzierten Geschlechtshormonen hervorgerufen wird.*

Nachdem das Oestron sogar eine ziemlich stark hemmende Einwirkung auf das Wachstum der geschlechtsreifen Weibchen hat, kann es vielleicht eigentümlich erscheinen, dass die Wachstumskurve der Weibchen (Fig. 1.) keine grosse Reaktion vor dem Eintritt der Geschlechtsreife zeigt. Dass eine Hemmung wirklich stattfindet, obwohl sie von ziemlich bescheidener Art ist, kann dadurch bewiesen werden, dass es möglich ist, die Oestronproduktion

des Ovariums zu verhindern und dadurch ein Weibchen zu zwingen noch besser zu wachsen, d. h. keine Wachstumshemmung bei der Geschlechtsreife zu zeigen. Dies kann durch Behandlung mit dem männlichen Geschlechtshormon, Testosteron, geschehen.

### Wachstumsversuche mit Testosteron.

Ebenso wie bei Oestron sind Wachstums- und Hormoneffekte auch bei Testosteronversuchen verschieden je nach Altersgruppe und Geschlecht, weshalb sie nach einander behandelt werden müssen.

a. *Versuch mit Jungen während des Wachstums.* Zwei grosse neugeborene Würfe Jungen wurden auf gewöhnliche Weise in zwei gleichgrosse und homogene Gruppen geteilt, von welchen die eine als Kontrolle diente. Die Versuchstiere erhielten während der 30 Versuchstage 3 Ampullen mit je 25 mg. synthetisches Testosteronpropionat. Die bei dem Schluss des Versuches erreichten Körperlängen in mm gehen aus Tabelle 5 hervor.

**Tabelle 5. Länge in mm bei Versuchs- und Kontrolltieren bei einem Testosteronversuch.**

Versuchstiere								Kontrolltiere								
8.0	8.5	8.5	8.9	9.0	9.1	9.4	9.4	9.0	9.1	9.2	9.3	9.4	9.4	9.6	9.7	
9.5	9.6	9.6	9.7	9.8	9.9	10.0	10.0	9.7	9.7	9.8	9.9	10.0	10.2	10.4	10.4	
10.0	10.1	10.1	10.1	10.1	10.2	10.2	10.2	10.5	10.6	10.6	10.7	10.7	10.8	10.8	10.8	
10.3	10.4	10.5	10.6	10.6	10.7	10.7	10.8	10.8	10.8	10.9	10.9	11.1	11.3	11.4	11.5	
10.8	10.9	10.9	10.9	11.0	11.0	11.0	11.0	11.5	11.6	11.8	12.0	12.0	12.1	12.1	12.2	
11.0	11.3	11.3	11.4	11.6	11.8	11.9	11.9	12.2	12.3	12.4	12.4	12.5	12.8	12.9	13.5	
$\bar{x} = 10.3$				S. 494.2				$\bar{x} = 10.94$				S. 525.3				

Variananalyse:  $S(x) = 1\ 019.5$ .  $n = 96$ .  $S(x^2) = 10\ 936.87$ .  $S(x - \bar{x})^2 = 109.99$ .  
 Quadratsumme »Zwischen den Gruppen« = 10.07.

Variationsursache	Freiheitsgrade	Quadratsumme	Mittelquadrat
»Zwischen den Gruppen« ..	1	10.07	10.07
»Innerhalb der Gruppen« ..	94	99.92	1.06
	95	109.99	—
			Quote: $\frac{10.07}{1.06} = 9.5$

Der P-wert macht nur einige Promille aus, weshalb das erhaltene Resultat statistisch vollkommen sicher ist. Dies bedeutet also, dass *auch Testosteron eine klare Wachstumshemmung bei den Jungen der Lebistes verursacht.*

b. *Testosteronwirkung bei Tieren, die die Geschlechtsreife erreichen.* Ausser der allgemeinen Wachstumshemmung bei den Jungen ist in sämtlichen Ver-

suchen auch die Beobachtung gemacht worden, dass schon nach zwei Wochen Behandlung die ersten Strahlen der Analflossen bei sämtlichen Tieren anfangen länger zu werden, d. h. gerade so eine Verlängerung, wie sie normal bei Männchen vor der definitiven Entwicklung des Gonopodiums eintritt. Andere männliche sekundäre Geschlechtscharaktäre, Farben auf der Körperseite und auf den Flossen, Verlängerung der Rückenflosse, Schwimmart usw. fangen auch an ausgebildet zu werden und alle diese Hormoneffekte nehmen an Intensität zu je mehr der Versuch fortschreitet. In voller Übereinstimmung mit der entsprechenden Entwicklung bei den Oestronversuchen, trifft auch bei Testosteronbehandlung die Geschlechtsreife des einen Geschlechtes zeitiger ein, dieses Mal die des Männchens. Bei histologischer Prüfung der Entwicklung der Hoden findet man ziemlich zeitig fertig entwickelte Spermeloben, schon wenn die Tiere sich in dem 12 mm Stadium befinden. Die Weibchen dagegen werden später geschlechtsreif. Diese verändern sich immer mehr in männlicher Richtung und bekommen ziemlich klare Farben, ein fast vollständiges Gonopodium usw., aber das Ovarium ist stabiler und degeneriert nur ein wenig. Eine Ausbildung des Hoden-gewebes bei einem Weibchen scheint nie stattfinden zu können, wie stark auch die Testosterondosierung wird. Dieser Unterschied in der Reaktion der Geschlechter auf das entgegengesetzte Geschlechtshormon ist sehr interessant und auch EVERSOLE (1941) hat bezüglich der Lebitestis darauf hingewiesen. Dies scheint anzudeuten, dass das weibliche Geschlecht, wenn die Gonaden durch genetische Geschlechtsbestimmung einmal diese Entwicklungslinie eingeschlagen haben, stabiler ist als das männliche. Bei den Männchen konnten, wie schon erwähnt, unter Einwirkung von Oestron, die jungen Keimzellen in weiblicher Richtung umschlagen und sich zu Oocyten entwickeln.

Wenn junge Weibchen schon von frühen Stadium an mit Testosteron behandelt werden, nehmen auch diese den typischen Männchencharakter an, bald vollständig mit dem Wachsen aufzuhören. Ganz anders wird das Wachstum, wenn das männliche Hormon schon geschlechtsreifen Tieren zugeführt wird.

*c. Wachstumsversuch mit geschlechtsreifen Tieren.* Weibchen. 16 St. schon geschlechtsreife Weibchen in der Grösse 18—20 mm wurden wie gewöhnlich in zwei Gruppen geteilt, Versuchstiere und Kontrollen. Alle Weibchen waren Geschwister und gehörten demselben Wurf an. Die Hormondosierung war 25 mg synthetisches Testosteronpropionat per 14 Tage. Die erste Periode des Versuches umfasste 36 Tage, nach welcher Zeit eine Messung sämtlicher Tiere vorgenommen wurde. Da diese auch vor Anfang des Versuches gemessen worden waren und es möglich war sie von einander zu unterscheiden, konnte für jedes Tier das Wachstum während dieser Zeit bestimmt werden. (Tab. 6.)

**Tabelle 6. Wachstum der Versuchs- und Kontrolltiere in mm bei einem Testosteronversuch.**

Versuchstiere				Kontrolltiere			
1.9	3.2	3.3	3.3	1.2	2.0	2.3	2.4
3.6	3.8	4.0	4.1	2.5	2.9	3.0	3.5
S. 27.2				S. 19.8			

Aus der Tabelle geht hervor, dass die mit Testosteron gefütterten Weibchen besser gewachsen sind als die Kontrolltiere. Da aber der Unterschied nicht so gross ist und der Versuch so wenige Tiere umfasst hat, ist eine Analyse der Zuverlässigkeit des Unterschiedes sehr notwendig.

Variationsanalyse:  $S(x) = 47.0$   $n = 16$   $S(x^2) = 148.24$   $S(x - \bar{x})^2 = 10.18$ .

Variationsursache	Freiheitsgrade	Quadratsumme	Mittelquadrat	
»Zwischen den Gruppen« . . . . .	1	3.43	3.43	
»Innerhalb der Gruppen« . . . . .	14	6.75	0.48	
	15	10.18	—	Quote: $\frac{3.43}{0.48} = 7.15$

Dieser Quote entspricht ein P-wert von ungefähr 2 %. Schon diese Zahl muss als ziemlich sicher bezeichnet werden und da auch ein anderer Versuch dieselbe Tendenz zu kräftigerem Wachstum bei Testosterontieren zeigt, ist es statistisch sicher, dass *Testosteronbehandlung von schon geschlechtsreifen Weibchen, deren Wachstum im Verhältnis zu nicht behandelten Tieren fördert*.

Während des Versuches nahmen diese Versuchswelbchen ein immermehr männchenartiges Aussehen an, Flossen und Farben wurden von männlichem Typ und sie jagten einander und führten Paarungsbewegungen mit den modifizierten Analflossen aus. Eine deutliche Resorption, der im Anfang des Versuches dotterreichen Eier kam auch vor. Es muss daher eine Degeneration des Ovariums stattgefunden haben. Diese von den zerrütteten Eiern freigemachte Nahrungsmenge kann die Wachstumssteigerung zu Stande gebracht haben, weshalb der Versuch fortgesetzt wurde.

Bei Beginn des Versuches waren die Mittellängen der Kontrolltiere 19.17 mm und die der Versuchstiere 19.27 mm. Nach den ersten 36 Versuchstagen waren die entsprechenden Ziffern 21.65 und 22.68. Nach weiteren 32 Tagen waren die Längen 22.68 resp. 24.09 mm. Während des zweiten Teiles des Versuches hatten sich die Tiere also weiter verlängert, obwohl diese neue Zunahme der Differenz nicht ganz statistisch sicher ist. Während des zweiten Teiles des Versuches ist jedoch keine nennenswerte neue Ovarialresorption vorgekommen und es kann deshalb vom Ovarium freigewordene Energie nicht die Ursache des verbesserten Wachstums sein. Die Ursache muss dagegen vor allem die sein, dass das zugeführte männliche Hormon, durch die damit

zu Stande gekommene Ovarialdegeneration, die eigene Produktion des Tieres an wachstumshemmendem Oestron zum Aufhören gebracht hat. Dies wird hierdurch ein Beweis dafür, wie schon vorher bemerkt, dass das Leibesweibchen in der Tat sein Wachstum beschleunigen würde, wenn es nicht im Alter von zwei Monaten seine Geschlechtsreife erreichen würde. Diese Beschleunigung wird nun stattdessen von der Wachstumshemmung der Geschlechtsreife aufgewogen, was darin resultiert, dass die Wachstumskurve eine fortgesetzte ziemlich gleichmässige Steigerung hat, *scheinbar ohne in nennenswertem Grad von der einsetzenden Geschlechtsreife beeinflusst zu werden.*

Männchen. Testosteronversuche bei erwachsenen Männchen geben kein sicheres Resultat und die Versuche sind schwer auszuführen. Das schwache Wachstum der Männchen nach dem Eintreten der Geschlechtsreife setzt in den nächsten Monaten ein. Um eine Testosteronhemmung des schwachen Wachstums nachzuweisen, muss eine genügende Menge Männchen aus demselben Wurf ziemlich gleichzeitig die Geschlechtsreife erreichen, sodass deren »Nachwachsperiode« zusammenfällt. Nun ist es aber fast unmöglich eine grosse Anzahl Männchen im Laufe von einigen oder einer Woche geschlechtsreif zu bekommen, was für die Versuchsbedingungen nötig ist. Eine weitere Hemmung eines Wachstums, das an sich schon so schlecht wie 1—2 mm ist, ist auch schwer nachzuweisen.

*Zusammenfassung der Geschlechtshormonversuche.* Beide Typen Geschlechtshormon haben eine deutlich hemmende Wirkung auf das Wachstum. Dieses gilt auch für die Fälle, in welchen das Resultat, paradox genug, eine Steigerung des Wachstums ist, d. h. wenn das eine Hormon auf geschlechtsreife Tiere des anderen Geschlechtes angewendet wird. Die Erklärung muss folgenden sein:

Wenn das Tier die Geschlechtsreife erreicht hat wird in seinen Gonaden, unabhängig von dem Geschlecht des Tieres, Geschlechtshormon gebildet, das direkt oder indirekt die Zunahme des Körpers an Länge hemmt. Wenn diese geschlechtsreifen Tiere ausserdem experimenteller Hormonwirkung des *entgegengesetzten* Geschlechtshormones, das auch dieselbe Einwirkung auf das Wachstum hat, ausgesetzt werden, ist die Folge davon, dass die eigenen Gonaden durch hormonale Gleichgewichtsverschiebung mehr oder weniger zu generieren anfangen und *damit mit ihrer eigenen Hormonproduktion aufhören.* Inwieweit das behandelte Tier nun besser oder schlechter als das normale wachsen wird, beruht offenbar darauf wie gross die Dosis Geschlechtshormon war, die zugeführt wurde. Wenn diese Dosis relativ klein ist, oder während kurzer Zeit wirkt, aber doch die ebengenannte Degeneration hervorzurufen im Stande ist, wird das Wachstum des Tieres gesteigert, z. B. wie bei dem Versuch mit geschlechtsreifen Weibchen. Ist dagegen die Dosierung hoch oder die Behandlung langwierig, tritt auch die hemmende Wirkung des zugeführten Hormones in Erscheinung, z. B. wie im Versuch mit jungen Weib-

chen, die noch nicht ihre volle Geschlechtsreife erreicht hatten. Geschlechtshormon als wachstumsförderndes Mittel muss folglich auf das entgegengesetzte Geschlecht und in ziemlich schwachen Dosen angewendet werden, sodass seine Wirkung sich auf eine leichte Degeneration der Gonaden des Versuchstieres beschränkt. Eine Kastration, durch Operation oder Röntgenbehandlung vorgenommen, würde vermutlich eine noch etwas besser wachstumsfördernde Wirkung haben, unter der selbstverständlichen Voraussetzung, dass das Tier nicht ernstlich beschädigt wird.

Diese Fragen haben jedoch nur insofern Bedeutung, als sie den Zusammenhang zwischen Geschlechtsreife und Körperwachstum beleuchten. Eine praktische Bedeutung, wie Verbesserung des Wachstums bei Fischen, können diese Methoden wahrscheinlich nie bekommen, da sie sowohl zu teuer, als auch mit zu viel Arbeit verbunden sind.

Obwohl, so viel ich weiss, bis jetzt keine direkte Untersuchung über die Einwirkung der Geschlechtshormone auf das allgemeine Wachstum der Fische vorgenommen worden ist, sind hier und da, gelegentlich Untersuchungen über die histologische Veränderung in den Gonaden, Betrachtungen über diesen Gegenstand angestellt worden. Sowohl Wachstumsphänomene als auch die erwähnten histologischen Veränderungen stimmen in der Hauptsache sehr gut mit meinen obenbesprochenen Versuchen überein. BLACHER (1926) bespricht so z. B. 6 Fälle von bei *Lebistes* spontan auftretenden anormalen Männchen. Alle diese haben eine Körpergrösse, die das Normale weit übersteigen und ausserdem eine starke Degeneration der Hoden. Eines von ihnen hatte sogar Eizellen in den Hoden und wurde als ein Tier aufgefasst, das sich in Geschlechtsumwandlung befand. BERKOWITZ (1941), der *Lebistes*männchen mit Oestron behandelte, erwähnte hierbei auch, dass diese »larger size than normale males« hatten. EVERSOLE (1939) (1941), der *Lebistes* Testosteron und andere männliche Geschlechtshormone gab, berichtet über eine starke Wachstumshemmung bei den Jungen. Weibchen, die Testosteron schon von der Geburt an bekommen, erreichen nie mehr als eine Länge von 21 mm, dagegen erwähnt er nichts vom Wachsen der geschlechtsreifen Weibchen bei Testosteronbehandlung. Die allgemeine Veränderung bezüglich sekundärer Geschlechtscharaktere und der Histologie der Gonaden ist dieselbe wie bei meinen Versuchen. EVERSOLE fand auch, dass Pregneninolone eine stärkere männliche Wirkung bei *Lebistes* hatte, als Testosteron. Der chemische Unterschied ist unbedeutend. PADOA (1937) behandelte junge *Salmo irideus* mit Oestron und fand ausser Veränderungen in weiblicher Richtung eine starke Wachstumshemmung. RUBINSTEIN et. al. (1939) endlich, die eine Testosteronhemmung bei dem Wachstum weisser Mäuse konstatiert, erklärt diese damit, dass das Hormon antagonistisch für das Wachstumshormon von dem vorderen Lappen der Hypophyse ist.

Die Einwirkung der Geschlechtsreife auf das Wachstum ist also insofern

klar, als es die um diese Zeit in den Gonaden produzierten Hormone sind, die das Wachstum hemmen. Wie diese Hemmung zu Stande kommt, ist jedoch noch nicht ermittelt, spielt aber mindesten in diesem Zusammenhang eine weniger grosse Rolle. Die Frage dagegen, warum die Wachstumshemmungen eines Männchens in der Regel stärker sind als die eines Weibchens, ist wahrscheinlich auch gelöst, dies kommt nämlich dadurch, dass männliche und weibliche Geschlechtshormone verschieden stark hemmende Wirkung haben. Es taucht wohl kein solcher Unterschied in meinen Versuchen auf, aber der von EVERSOLE nachgewiesene Unterschied zwischen verschiedenen männlichen Geschlechtshormonen zeigt, dass geringere Verschiedenheiten in der chemischen Zusammensetzung der Geschlechtshormone verschiedener Tiere vorkommen können, wodurch es wahrscheinlich wird, dass das Hormon des Lebistesmännchens nicht identisch mit dem in meinen Versuchen verwendeten Testosteron ist. Es ist folglich ziemlich wahrscheinlich, dass das beträchtlich verschiedene Wachstum bei Männchen und Weibchen der Lebistes in der Tat durch die hormonale Hemmung vollständig erklärt wird.

In diesem Zusammenhang muss jedoch vielleicht darauf hingewiesen werden, dass genetische Wachstumsfaktoren sehr wohl in dem oder den Chromosomen oder Chromosomteilen liegen können, die das Geschlecht bestimmen, weshalb sie nur bei dem einen Geschlecht in Erscheinung treten können. Diese Fragen sind jedoch weit davon entfernt untersuchungsreif zu sein, da die Geschlechtschromosome der Fische noch sehr wenig bekannt sind.

### **Zusammenhang zwischen verschiedener Wachstumsgeschwindigkeit und dem Zeitpunkt des Eintretens der Geschlechtsreife.**

Einleitungsweise wurden einige der Resultate aus den Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen verschiedenen Milieuverhältnissen und der Geschlechtsreife genannt. Dabei wurde in Kürze der Unterschied zwischen z. B. Forellen und Karpfen besprochen. Im einen Fall scheint ungünstiges Milieu, gekennzeichnet durch schlechtes Wachstum, im Zusammenhang mit zeitiger Geschlechtsreife zu stehen, während im anderen Fall das schlechte Wachstum deutlich eine hinausgeschobene Geschlechtsreife mit sich führt, sodass diese in höherem Alter eintritt.

Der Zeitpunkt für das Eintreffen der Geschlechtsreife kann jedoch auf zwei verschiedene Weise bestimmt werden, entweder im Verhältnis zum absoluten Alter oder im Verhältnis zu der erreichten Grösse. Wenn ein Fisch die Geschlechtsreife während seines dritten Lebensjahres erreicht, ein anderer Fisch dagegen während seines vierten, so hat offenbar der erstere seine Geschlechtsreife bei niedrigerem Alter, also früher erreicht. Wenn dagegen der erstere bei seinem ersten Laichen eine Grösse von 30 cm erreicht hat, der andere dagegen nur eine Grösse von 20 cm, so hat ja der letztgenannte die

Geschlechtsreife bei einer Grösse erreicht, die einem Jung-Stadium des ersten entspricht. Der kleinere Fisch kann hier mit gleichem Recht als »zeitig« geschlechtsreif im Verhältnis zu dem grösseren genannt werden, obwohl er nach dem absoluten Alter älter ist. Um eine Verwechslung dieser Begriffe in der Fortsetzung zu vermeiden, wird hiermit die Bezeichnung *ontogenetisches Alter* eingeführt, um das Stadium in der Entwicklung zu bezeichnen. Das ontogenetische Alter kann also in Grössenmassen ausgedrückt werden, z. B. Körperlänge. In dem angeführten Beispiel hat der grössere Fisch, der dreijährig war, ein niedrigeres absolutes Alter, aber ein höheres ontogenetisches Alter als der kleinere, vierjährige Fisch. Diese doppelte Relation der Geschlechtsreife zu sowohl Zeit als Grösse ist äusserst wichtig für das Verständnis des Zusammenhanges zwischen verschiedenem Wachstum und dem Eintreten der Geschlechtsreife.

Besseres und schlechteres Wachstum kann im Prinzip auf zwei verschiedene Ursachen zurückgeführt werden, auf genotypisches verschiedenes Wachstum, sowie auf durch variierendes Milieu verursachte verschiedene Wachstumsgeschwindigkeit. Infolge der enormen Bedeutung des Milieus für die Wachstumsgeschwindigkeit, ist man an dem Teil der Wachstumsvariation, die auf genetischen Verschiedenheiten beruht öfters mehr oder weniger vorbeigegangen, oder es war unmöglich dieselbe nachzuweisen. Die Geschlechtsreife steht nun in einem gewissen Zusammenhang mit diesen verschiedenen Typen des Wachstums, obwohl wohl die Ursache für das Eintreten oder Verzögern der Geschlechtsreife nicht auf dem Wachstum als solchem beruht, sondern auf den Faktoren, deren übrige Äusserungen sich als variierendes Wachstum bemerkbar machen. Der Kürze wegen werden jedoch in der Fortsetzung verschiedene Wachstumsgeschwindigkeit und verschiedene Geschlechtsreife so behandelt werden, als ob diese direkt auf einander beruhten.

Um dieses Verhältnis näher zu studieren, bedarf es der Möglichkeit das Eintreten der Geschlechtsreife innerhalb einer so kurzen Zeitperiode wie möglich zu fixieren. Bei einem Fisch, der keine stärker auffallenden sekundären Geschlechtscharaktere hat, kann die erreichte Geschlechtsreife vor dem Laichen selbst nicht konstatiert werden. Da jedoch die Auslösung des Laichens nicht nur auf der Reife der Geschlechtsprodukte, sondern auf einer Menge anderer hauptsächlich milieubetonter Faktoren beruht, ist das Eintreten des Laichens kein gutes Charakteristikum für die Geschlechtsreife.

Bei dem Lebistes-Männchen treten, wie vorher einige Mal erwähnt, bei der Geschlechtsreife eine ganze Reihe sekundärer Geschlechtscharaktere auf, die sehr leicht wahrzunehmen sind und wodurch die Zeit der eintretenden Geschlechtsreife bei einem Wurf Jungen leicht festgestellt werden kann. In den zahlreichen Versuchen, die ausgeführt wurden, um die Frage der Relation der Geschlechtsreife zu Alter und Grösse zu beleuchten, ist der Zeit-

punkt des Auftauchens der ersten roten Flecken auf der Körperseite auch als Geschlechtsreife angesehen worden. Hierdurch hat eine reiche Differenzierung des Materiales stattgefunden, denn diese Flecken zeigen sich sehr plötzlich, sodass die Männchen mit einer Unsicherheit von nur 1—2 Tagen von einander unterschieden werden können. Eine histologische Untersuchung des Entwicklungsstadiums der Gonaden gerade an diesem Tag zeigt auch, dass um diese Zeit die ersten reifen Spermieloben fertig sind. Ein gewisser Unterschied zwischen der im Versuch angewendeten scheinbaren Geschlechtsreife und der wirklichen, auf der Entwicklung der Gonaden beruhend, kommt jedoch vor, aber auf dieses Problem soll später zurückgekommen werden. Dadurch dass unter variierenden Verhältnissen Würfe oder Teile von Würfen von *Lebistes* gezüchtet worden sind, sind eine Menge verschiedener Wachstumsgeschwindigkeiten bekommen worden. Ausserdem sind verschiedene Stämme mitgenommen worden, sodass sowohl genotypische als auch phänotypische Wachstumsvariationen repräsentiert wurden. Aus diesen aufwachsenden Würfen Jungen sind danach die Männchen an genau dem Tage herausgenommen worden, an welchem sich die ersten roten Körperflecken gezeigt haben. Die Länge des Tieres ist daraufhin in vorher beschriebener Weise gemessen worden und in einer grossen Anzahl Fälle sind die Hoden herausdissekiert und gemessen worden. Auf diese Weise sind für jedes Männchen folgende Angaben erzielt worden: Alter, Körper- und Hodengrösse. Alles in allem sind auf diese Weise Angaben über 202 *Lebistes*männchen gesammelt worden. Dass die Variation gross war, geht daraus hervor, dass das jüngste Männchen 44 Tage alt war und das älteste 206 Tage, während in Bezug auf die Grösse das kleinste 13.0 mm und das grösste 20.2 mm lang war.

Alle diese Angaben über die geschlechtsdifferenzierten Männchen sind in Tabelle 7 gesammelt worden. Das Alter ist in Tagen angegeben worden, die Körpergrösse in mm und die Hodengrösse in mm<sup>2</sup>. Dieses letztere Grössenmass geht auf folgendes Verfahren bei der Hodenmessung zurück: Nachdem die Gonade herausdissekiert worden ist (diese ist doppelt, dadurch dass die beiden Hoden dicht beieinander liegen), wurde sie in ein Uhrglas mit Wasser gelegt, worauf ihre Konturen in einem Zeichenapparat, der 25-fach vergrössert, abgezeichnet wurde. Diese aufgezeichnete Oberfläche wurde dann mit Hilfe eines Planimeters gemessen, worauf die erhaltene Zahl auf die wirkliche natürliche Grösse reduziert wurde. Trotz der variierenden Grösse der Hoden sind deren Länge — Breiten-Verhältnisse ziemlich konstant, weshalb die Oberflächenprojektion einen brauchbaren Wert der Grösse ergibt. Absolute Grössenmasse sind ja in diesem Falle nicht nötig, da es sich nur darum handelt vergleichbare Grössen zwischen den einzelnen Tieren zu erhalten.

In Tabelle 7 sind auch Angaben über den Genotyp der Tiere, sowie über die Milieuverhältnisse des Versuches aufgeführt worden. Die Genotypbezeichnungen gehen auf die angewendeten Versuchskreuzungen zurück. BD 6,

AD 6 usw. sind folglich Bezeichnungen für gewisse Kreuzungen, von welchen F 1, d. h. die erste Bastardgeneration zu diesem Versuch angewendet wurde. Die Gradierung des Milieus in »gut« und »schlecht« ist nur dazu bestimmt ein allgemeines Bild des Wachstumsverhältnisses zu geben. Wie dies bei sämtlichen in der Fischzucht angewendeten Arten der Fall ist, bringen auch bei *Lebistes* ungünstige Milieuverhältnisse, d. h. eine grosse Anzahl Tiere per Volumeneinheit Wasser, wenig Nahrung, schlechte Sauerstoffzufuhr usw. verschlechtertes Wachstum. Sämtliche Versuche über die Bedeutung des Milieus für das Wachstum des *Lebistes* sind aber noch unveröffentlicht.

*Alter und Körpergrösse bei der Geschlechtsreife.* Zu Anfang soll nur der Zusammenhang zwischen Alter und Körpergrösse bei der Geschlechtsreife behandelt werden. Bei Beginn dieser Versuche galt es zuerst nachzuweisen, inwieweit sich irgendwelche genotypische Verschiedenheiten zwischen den verschiedenen Tieren und Stämmen vorfinden konnten. Es zeigte sich auch bald, dass bedeutende Unterschiede in dieser Hinsicht vorhanden waren.

*Genotypische Variation.* Es geht schon aus Tabelle 7 hervor, dass die Körpergrösse gewisser Würfe durchgehend höher ist, als die anderer. Da diese Würfe während verschiedener Jahreszeiten und unter ziemlich variierenden Milieuverhältnissen gezüchtet wurden, kann so lange die Einwirkung des Milieus unbekannt ist, nicht mit Bestimmtheit gesagt werden, dass die Grösse bei jedem einzelnen Versuch genetisch bestimmt ist. Eine Ausnahme von dieser Regel bildet jedoch Versuch 5 (a und b). Diese Männchen sind in gutem Milieu aufgewachsen, soweit man beurteilen kann in ein ungefähr gleich gutes Milieu wie in den anderen Versuchen, bei welchen die Milieubezeichnung »gut« ist. Die Körpergrösse bei dieser Rasse A liegt jedoch bedeutend höher, als die, die die anderen genotypischen Stämme erreichen. Das absolute Alter dieser A-Tiere bei der Geschlechtsreife ist ziemlich niedrig, aber noch schneller gewachsene Würfe findet man unter dem übrigen Material. Da es unter den übrigen Würfen Milieuverhältnisse gibt, welche, nach der Wachstumsgeschwindigkeit zu urteilen, sowohl schlechter, als gleichartig, als auch besser sind, kann das schnelle Wachstum und die dagegen in hohem ontogenetischem Alter einsetzende Geschlechtsreife der A-Tiere nicht gern mit einer Sonderstellung in Bezug auf die Milieuverhältnisse erklärt werden. Die grosse Körpergrösse muss mit anderen Worten genetisch bedingt sein. Noch überzeugendere Beweise werden in der Folge angeführt werden, wenn die modifizierende Einwirkung des Milieus diskutiert werden wird. Bis auf Weiteres kann jedoch festgestellt werden, dass *genotypische Verschiedenheiten in Bezug auf Grösse und Alter beim Eintreten der Geschlechtsreife vorkommen.*

*Phänotypische Variation.* Die Schwierigkeiten, die genotypische und phänotypische Variation zu unterscheiden, sind beträchtlich. Nachdem schon genotypische Verschiedenheiten innerhalb des gesammelten Materiales konstatiert werden konnten, ist die erste Voraussetzung um die Modifikation des

**Tabelle 7. Übersicht über Alter in Tagen (I) Körpergrösse in mm (II) und Hodengrösse in mm<sup>2</sup> (III) einer Anzahl Männchen der *Lebistes* bei der Geschlechtsreife.**

	I	II	III		I	II	III
Versuch 1 a. Genotyp: F 1 aus AD 6. Milieu: Gut	61	18.3	3.85	Versuch 3 b. Genotyp: Wie in 3 a. Milieu: Schlecht	96	16.7	2.59
	63	18.0	4.52		111	17.0	3.58
	63	17.2	3.99		134	15.9	3.74
	63	18.3	4.86		142	14.9	3.28
	68	17.2	3.79		153	17.1	4.26
Versuch 1 b. Genotyp: Wie in 1 a Milieu: Gut während der ersten 50 Tage, dann sehr schlecht	63	16.7	2.84	Versuch 4 a. Genotyp: Unbekannt. Milieu: Mässig gut	163	15.8	3.52
	102	17.2	3.14		165	15.6	2.00
	103	16.3	2.65		79	17.2	4.75
	104	16.3	3.06		86	17.7	5.06
	116	18.2	3.75		88	17.5	4.59
Versuch 2 a. Genotyp: Unbekannt. Milieu: Gut	118	16.8	2.85	91	17.7	4.74	
	73	17.2	—	93	17.6	4.01	
	124	17.6	2.41	104	17.0	4.54	
Versuch 2 b. Genotyp: Wie in 2 a. Milieu: Erhielten Thyroxin in der Nahrung u. wuchsen als Folge davon sehr schnell	131	17.8	3.82	108	15.7	3.35	
	47	15.9	—	117	16.6	3.32	
	47	16.4	—	125	17.8	2.33	
	49	16.7	—	137	18.0	3.47	
	49	16.8	—	141	17.6	3.30	
	50	17.0	—	150	17.5	2.66	
	56	15.8	—	Versuch 4 b. Genotyp: Wie in 4 a. Milieu: Thyroxinbehandlung. Wachstum dadurch erhöht, Geschlechtsreife in Bezug auf Alter u. Grösse vorgerückt	44	15.4	4.86
	57	16.1	—		49	14.8	3.76
61	16.2	—	52		14.8	4.93	
Versuch 2 c. Genotyp: Wie in 2 a. Milieu: Hunger whr. des ersten Monates, dann normales Futter	104	16.5	3.51	53	16.0	3.88	
	119	14.9	2.22	53	15.0	3.57	
	130	15.0	3.72	54	13.5	3.14	
	137	16.7	3.08	54	15.5	4.16	
	149	16.2	4.10	55	14.0	3.67	
	167	16.2	3.20	58	14.4	3.42	
	206	16.5	3.35	59	14.5	3.36	
	60	15.8	3.75	69	15.2	3.66	
Versuch 3 a. Genotyp: Unbekannt. Milieu: Gut	53	17.4	4.51	78	16.8	4.58	
	59	16.5	3.61	79	16.2	3.23	
	77	17.5	4.13				

	I	II	III		I	II	III
Versuch 5 a. Genotyp: Rasse A Milieu: Gut	45	16.6	5.02	Versuch 6 b. Genotyp: Wie in 6 a. Milieu: Gut	63	15.4	2.70
	51	17.9	3.79		63	14.8	2.87
	55	17.7	4.27		63	15.0	2.27
	55	17.5	4.26		64	14.5	2.45
	57	18.0	4.04		64	14.2	2.47
	60	17.0	4.51		64	14.4	2.39
	60	16.9	4.63		65	14.7	3.02
	70	18.9	4.41		67	15.2	2.44
	72	18.0	3.69		68	14.4	2.08
	90	17.1	4.03		68	14.4	2.82
	Versuch 5 b. Genotyp: Wie in 5 a. Milieu: Gut	46	17.6		5.25	71	15.3
55		18.2	3.94	75	15.8	2.92	
70		19.5	5.13	79	15.8	3.67	
72		18.2	2.92	80	16.2	3.15	
76		18.7	3.50	82	15.0	3.67	
79		17.5	3.06	82	15.7	3.26	
81		18.3	3.10	85	16.5	3.45	
97		20.2	5.58	86	16.3	2.75	
107		17.8	3.38	88	16.1	2.26	
107		19.2	3.35				
112		18.0	3.11	Versuch 7 a. Genotyp: F 1 aus BD 6. Milieu: Mässig gut	76	14.4	3.51
Versuch 6 a. Genotyp: F 1 aus BD 6. Milieu: Gut	55	14.0	2.81		88	15.6	2.98
	57	14.0	2.96		88	15.8	3.37
	59	13.7	2.30		89	16.0	4.22
	60	13.9	2.42		96	15.9	3.38
	62	14.9	2.60		97	15.8	3.57
	65	15.4	2.63		98	14.3	2.77
	66	13.8	2.37		99	14.5	3.09
	67	14.6	3.19		102	14.4	3.14
	68	15.1	2.97		103	14.1	2.40
	69	14.3	3.42		103	14.6	2.41
	71	15.2	4.13	108	14.3	2.70	
73	15.1	3.26	110	14.3	2.74		
74	15.0	3.42	114	14.6	2.81		
78	15.3	3.16	119	14.6	2.84		
79	15.7	3.94	119	14.6	2.61		
Versuch 6 b. Genotyp: Wie in 6 a. Milieu: Gut	58	13.9	3.01	124	13.8	1.72	
	61	14.8	2.61	125	15.5	2.97	
	62	13.9	2.58	129	14.3	2.92	
				133	14.8	2.82	

	I	II	III		I	II	III
Versuch 7 b. Genotyp: Wie in 7 a. Milieu: Mässig gut	74	15.8	4.76	Versuch 9. Genotyp: F 1 aus BD 6. Milieu: Mässig gut	89	14.9	2.97
	86	15.2	3.51		91	14.0	2.72
	88	14.8	3.04		91	14.3	2.60
	89	15.9	3.48		91	14.1	2.80
	90	16.3	3.62		92	14.9	3.04
	97	14.2	2.87		93	14.3	2.62
	99	15.2	2.68		93	13.9	2.37
	100	15.0	3.37		95	14.9	2.68
	102	15.3	2.74		97	15.6	3.18
	103	15.6	3.04		102	15.0	2.37
	113	15.1	2.53		105	14.2	2.95
	114	14.7	2.66		105	14.2	3.36
	116	14.0	2.10		106	16.1	—
					107	14.3	2.97
					107	14.2	3.13
	Versuch 8. Genotyp: F 1 aus BD 6. Milieu: Gut	55	15.6		4.86	109	14.9
62		14.3	4.05	111	14.2	2.34	
65		15.6	3.75	113	14.1	2.86	
66		15.3	3.73	113	15.2	3.53	
72		15.0	4.55	Versuch 10. Genotyp: F 1 aus BD 6. Milieu: Ziemlich ungünstig	83	14.7	—
75		14.7	3.12		87	13.4	3.12
77		14.7	3.99		90	15.3	3.04
78		14.8	3.67		115	16.4	4.82
81		14.6	4.00		117	14.6	2.78
87		15.4	3.10		124	16.1	3.20
87		14.3	3.13		128	15.2	3.84
93		15.5	3.80		131	14.8	2.45
94		15.8	4.79		132	14.4	2.08
94	15.4	3.67	141		14.4	2.58	
95	15.9	3.39	142		15.5	3.20	
99	15.2	3.39	152		14.0	2.20	
Versuch 9. Genotyp: F 1 aus BD 6. Milieu: Mässig gut	82	15.0	—		154	14.1	2.44
	84	14.5	3.07	156	14.5	2.47	
	84	15.2	3.22	159	14.1	2.44	
	86	14.3	2.17	161	13.0	1.09	
	87	14.4	2.56	164	13.3	3.49	
	87	14.5	2.92				

Milieus zu studieren, dass die Studien auf die Tiere beschränkt werden, die von derselben Rasse sind. Zu diesem Zweck wurden so viele Versuche als möglich mit einer dieser Rassen, derjenigen die in Tabelle 7 als BD 6 bezeichnet wird, vorgenommen. Sämtliche Tiere, die zur Tabelle gehören sind Vollbrüder aus verschiedenen Würfen der ersten Bastardgeneration dieser Rasse, insgesamt 128 St. Diese 128 BD 6-Männchen zeigen nun ein variierendes Wachstum, das auf Milieuvorschiedenheiten, aber natürlich auch auf genetischen Verschiedenheiten beruht. Es ist ja unmöglich, dass identisch die gleiche genotypische Veranlagung bei 2 oder mehreren Tieren zu Stande kommt, sofern diese nicht von ein und demselben befruchteten Ei kommen. Die zwei Variationsursachen können also doch nicht gleich von einander getrennt werden. Es muss vielmehr der Zusammenhang, Körpergrösse — Alter, zuerst direkt so wie er hervortritt, studiert werden, worauf die dahinter liegenden Ursachen in Angriff genommen werden können.

Das ganze Material BD 6-Tiere ist in Gruppen eingeteilt worden, die diejenigen Männchen umfassen, die die Geschlechtsreife innerhalb gewisser 10-Tageperioden erreichen. Sämtliche Männchen, die vom 55 bis zum 64 Tage nach der Geburt herausgenommen wurden, sind folglich in Gruppe 1 zusammengefasst worden usw. In jeder Altersgruppe sind dann die dort gefundenen Werte bezüglich der Körpergrösse angezeichnet worden. Eine Übersicht findet sich in der Tabelle 8. In der Tabelle sind auch provisorische Skalen für die beiden Einteilungen in Alter und Grösse aufgeführt worden, um die unvermeidlichen Berechnungen zu erleichtern. Obwohl die Zerstreuung der Werte innerhalb der Tabelle ziemlich gross ist, tritt doch sofort die Tendenz hervor, dass die grössten Männchen in der mittleren Altersgruppe zu finden sind, während sowohl ältere als auch jüngere Männchen kleiner zu sein scheinen. Dies wird durch die Mittelwerte für die Körpergrössen in jeder Gruppe deutlich. Die jüngsten Männchen sind also durchschnittlich 14.46 mm, darauf folgen mit zunehmendem Alter die Grössen 14.95, 15.13, 15.08, 15.03, 14.60 und 14.57. Die letzte Altersgruppe umfasst sämtliche »Nachzügler« vom 115—164 Tage. Diese sind zu einer Gruppe zusammengefasst worden, damit die Frequenz innerhalb der späteren 10-Tageperioden nicht zu klein werden sollte.

Diese Verteilung der Männchen war ziemlich unerwartet und es ist deshalb von grosser Bedeutung zu prüfen, inwieweit man annehmen kann, dass ihre Verteilung innerhalb der Gruppen durch den Zufall zu Stande gekommen sein kann. Eine Variationsanalyse gibt wie schon früher auch Antwort hierauf. Die wirklichen Werte werden noch angewendet.

$$n = 128 \quad S(x) = 1900.7 \quad S(x)^2 = 28289.03 \quad S(x - \bar{x})^2 = 65.12.$$

**Tabelle 8. Übersicht über 128 Männchen vom Genotyp BD 6, welche Grösse und Alter bei der Geschlechtsreife ausweist.**

Grösse in mm	Grösse prov. Sk	Alter, in 10- Tage Perioden und prov. Skala.							S.
		55-64 - 3	65-74 - 2	75-84 - 1	85-94 0	95-104 + 1	105-114 + 2	115-164 + 3	
16.5	+17	—	—	—	1	—	—	—	1
16.4	+16	—	—	—	—	—	—	1	1
16.3	+15	—	—	—	2	—	—	—	2
16.2	+14	—	—	1	—	—	—	—	1
16.1	+13	—	—	—	1	—	1	1	3
16.0	+12	—	—	—	1	—	—	—	1
15.9	+11	—	—	—	1	2	—	—	3
15.8	+10	—	1	2	2	1	—	—	6
15.7	+ 9	—	—	2	—	—	—	—	2
15.6	+ 8	1	1	—	1	2	—	—	5
15.5	+ 7	—	—	—	1	—	—	2	3
15.4	+ 6	1	1	—	2	—	—	—	4
15.3	+ 5	—	2	1	1	1	—	—	5
15.2	+ 4	—	2	1	1	2	1	1	8
15.1	+ 3	—	2	—	—	—	1	—	3
15.0	+ 2	1	2	2	—	2	—	—	7
14.9	+ 1	1	—	—	2	1	1	—	5
14.8	0	2	—	1	1	—	—	2	6
14.7	- 1	—	1	3	—	—	1	—	5
14.6	- 2	—	1	1	—	1	1	3	7
14.5	- 3	1	—	1	1	1	—	1	5
14.4	- 4	1	2	1	1	1	—	2	8
14.3	- 5	1	1	—	4	1	3	1	11
14.2	- 6	1	—	—	—	1	4	—	6
14.1	- 7	—	—	—	1	1	1	2	5
14.0	- 8	2	—	—	1	—	—	2	5
13.9	- 9	3	—	—	1	—	—	—	4
13.8	-10	—	1	—	—	—	—	1	2
13.7	-11	1	—	—	—	—	—	—	1
13.6	-12	—	—	—	—	—	—	—	0
13.5	-13	—	—	—	—	—	—	—	0
13.4	-14	—	—	—	1	—	—	—	1
13.3	-15	—	—	—	—	—	—	1	1
13.2	-16	—	—	—	—	—	—	—	0
13.1	-17	—	—	—	—	—	—	—	0
13.0	-18	—	—	—	—	—	—	1	1
S.		16	17	16	27	17	14	21	128

Variationsursache	Freiheitsgrade	Quadratsumme	Mittelquadrat
»Zwischen Altersgruppen« .....	6	8.43	1.4050
»Innerhalb » .....	121	56.69	0.4685
Summe	127	65.12	—

Quote:  $\frac{1.4050}{0.4685} = 2.998$

Diesem Quotewert entspricht ein P-wert von etwas weniger als 0.01. Die Wahrscheinlichkeit, dass der Zufall die ungleiche Verteilung innerhalb der Altersgruppen hervorgerufen hat, ist also etwas kleiner als 1 %, weshalb als wahrscheinlich angesehen werden muss, dass wirkliche Verschiedenheiten vorliegen.

Schon die Verteilung der Zahlen in Tabelle 8 deutet daraufhin, dass der Zusammenhang zwischen Alter und Körpergrösse bei der Geschlechtsreife durch eine Kurve zweiten Grades ausgedrückt werden kann, auf welcher mit zunehmendem Alter die Grösse auf ein Maximum steigt, um dann wieder zu fallen. Bevor irgendwelche Schlüsse aus diesem interessanten Zusammenhang gezogen werden können, ist es jedoch nötig, wirklich zu prüfen, wie eine solche Regressionslinie zweiten Grades zu den aktuellen Werten passt.

Wenn die Körpergrösse mit  $y$  bezeichnet wird und das Alter mit  $x$ , muss die gesuchte Gleichung zweiten Grades folgende Bedingungen erfüllen:

$Y = \bar{y} + b_1(x - \bar{x}) + b_2(x^2 - \bar{x}^2)$ , wo  $b_1$  und  $b_2$  partielle Regressionskoeffizienten sind, deren zahlenmässigen Werte, man durch die Lösung des folgenden Gleichungssystems erhält:

$$b_1 S(x - \bar{x})^2 + b_2 S(x - \bar{x})(x^2 - \bar{x}^2) = S(x - \bar{x})(y - \bar{y})$$

$$b_1 S(x - \bar{x})(x^2 - \bar{x}^2) + b_2 S(x^2 - \bar{x}^2)^2 = S(x^2 - \bar{x}^2)(y - \bar{y})$$

Zur Vereinfachung der Ausrechnung wird nun die provisorische Skala, die in Tabelle 8 aufgeführt ist, angewendet. Die  $x$ -Variante bestehen also aus den Altersgruppen  $-3, -2$  usw. bis  $+3$ , während die  $y$ -Variante aus den Körpergrössen  $+17$  bis  $-18$  bestehen. In dieser provisorischen Skala ist  $\bar{x}$ , (d. h. der Mittelwert für  $x$ )  $= 0.07812$  und  $\bar{y} = 0.4922$ . Zur Lösung des aufgestellten Gleichungssystems sind auch folgende Ziffern erforderlich:

$$S(x) = 10, S(x^2) = 490, \bar{x}^2 = 3.8281, n = 128, S(x^3) = 112,$$

$$S(x^4) = 3526, S(y) = 63, S(xy) = -101, S(x^2 y) = -843.$$

Werden diese Angaben in das obenstehende Gleichungssystem eingesetzt, erhält man folgende zahlenmässige Werte der partiellen Regressionskoeffizienten  $b_1$  und  $b_2$ .

$$b_1 = -0.1183 : b_2 = -0.6517.$$

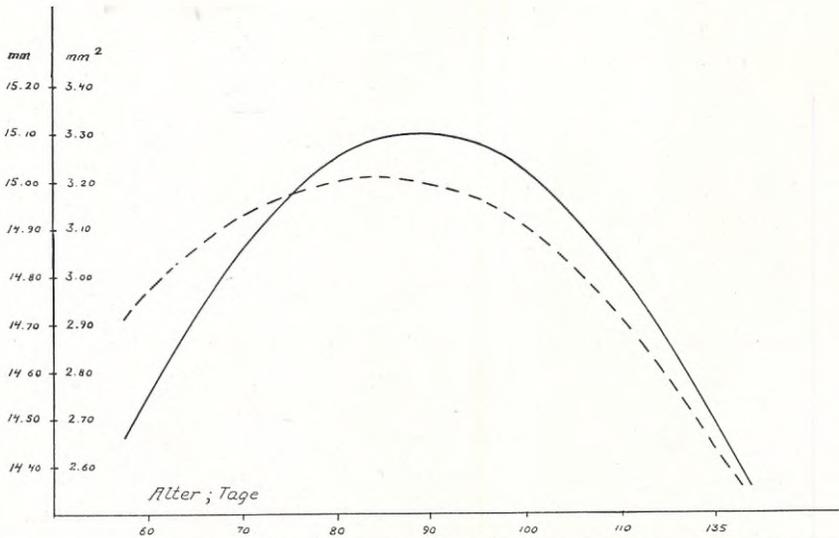


Fig. 4. Körperlänge (fortlaufend gezogene Linie) und Hodengröße (gestrichelte Linie) in Verbindung mit dem zunehmenden Alter.

Der Zusammenhang zwischen der Körpergröße ( $y$ ) und dem Alter ( $x$ ) kann also durch die Gleichung  $Y = 0.4922 - 0.1183 (x - 0.0781) - 0.6517 (x^2 - 3.8281)$ , ausgedrückt werden. Gezeichnet mit den aktuellen  $x$ - und  $y$ -Werten findet man diese Kurve in Fig. 4.

Um nun schliesslich zu prüfen, ob die erhaltene Kurve zweiten Grades der beste Ausdruck für die im Versuch erhaltenen Werte ist, muss auch folgende Analyse durchgeführt werden. Die Grössenvariation innerhalb des ganzen Materiales wird durch die Quadratsumme für  $y$ , d. h.  $S(y - \bar{y})^2$  gemessen, die 6502.99 ausmacht. Ein Teil dieser Variation von  $y$  kann jedoch auf die Unterschiede zwischen den Altersgruppen zurückgeführt werden, d. h. dieser Teil der Variation kommt auf die Regression. Der Regressionsteil dieser Quadratsumme macht laut Formel aus:  $b_1 S(x - \bar{x})(y - \bar{y}) + b_2 S(x^2 - \bar{x}^2)(y - \bar{y})$ . Wenn in diese Formel die ausgerechneten Werte von  $b_1$  und  $b_2$ , sowie die  $x$ - und  $y$ -Werte eingesetzt werden, erhält man die Zahl 719.0854. Ausserdem ist die Quadratsumme »Zwischen Altersgruppen« erforderlich, die 849.1776 ist. Diese Ziffer stellt also einen Massstab für die Variation zwischen sämtlichen verschiedenen Altersgruppen dar, aber da ein Teil dieser Variation auf die Regression zwischen Alter und Grösse bezogen werden kann und dieser Regressionsteil 719.0854 ausmacht, bleibt offenbar eine Variation von 130.0922 übrig, die die Variation um die gefundene Kurve darstellt. Diese Ziffer misst also die Zerstreuung der Variate um die gefundene Linie. Diese Zerstreuung oder Variation um die Regressionslinie kann nun der Variation innerhalb der verschiedenen Altersgruppen gegenübergestellt

werden, d. h. dies wird die Variation die mangels sicherer Angaben dem Zufall zugeschrieben werden muss. Diese Zufallsvariation stellt auch das Fehlermass dar. Eine Übersicht nimmt sich folgendermassen aus:

Variationsursache	Freiheitsgrade	Quadratsumme	Mittelquadrat
Regression .....	2	719.0854	—
Abweichung von der Regression..	4	130.0922	32.5231
Fehlervariation .....	121	5 653.8124	46.7257
Summe	127	6 502.9900	—

Das Mittelquadrat für die Abweichung ist kleiner als das Mittelquadrat für den Fehler und dies bedeutet, dass die Variation um die gefundene Kurve zweiten Grades kleiner ist, als die Variation innerhalb der verschiedenen Alters-

gruppen. Die Quote  $\frac{46.7257}{32.5231}$  ist 1.44; dies stellt keinen statistisch sicheren Wert dar. Die Abweichungen von der Regressionslinie sind also nicht grösser als es die Zufallsvariation gut und gern zulässt. *Die gefundene Kurve repräsentiert folglich vollkommen zufriedenstellend die Grössenveränderungen im Zusammenhang mit verschiedenem Alter bei der Geschlechtsreife.*

*Diskussion.* Der fallende Schenkel der Kurve repräsentiert ein biologisches Sachverhältnis, das für alle die Lebstes in Aquarien gehabt haben, wohl bekannt ist. Tiere die ein ungünstiges Milieu gehabt haben und als Folge davon langsam gewachsen sind, sind bei der Geschlechtsreife kurz gewachsen. (Hungerformen). Diese Tiere haben also ein hohes absolutes, aber ein niedriges ontogenetisches Alter.

Dagegen repräsentiert der aufwärtssteigende Schenkel der Kurve ein Phänomen, das so viel ich weiss, früher bei keinem Fisch bekannt war. Wenn man das Wachstum, das innerhalb ungefähr 90 Tagen zu einer Geschlechtsreife bei einer Grösse von gut 15 mm führt, als normal bezeichnet, so bringt offenbar ein besseres Wachstum als dieses mit sich, dass die Tiere kürzergewachsen und kleiner werden, je besser das Wachstum ist. Auf dieser Seite des Scheitelpunktes der Kurve entspricht dem niedrigen absoluten Alter also auch ein niedriges ontogenetisches Alter. Es geht vielleicht aus dieser Kurve nicht sofort klar hervor, dass die Männchen die ein gutes Wachstum gehabt haben und sehr schnell die Geschlechtsreife erreicht haben, *zu diesem Zeitpunkt* die grössten waren, aber es verhält sich doch so. Ich habe wiederholt in den Aquarien konstatieren können, dass das am schnellsten wachsende und folglich als Jungtier grösste Männchen, auch am grössten war wie es die Geschlechtsreife erreicht hat, während die nachfolgenden Männchen ihn erst später überholt haben. Dass die zuerst laichreifen Exemplare innerhalb einer gewissen Bestandes auch die grössten waren, wird auch von ALM (1939) berichtet, unter anderem bezüglich der Forelle. Inwiefern jedoch bei

der Forelle die später laichreifen Exemplare grösser sind, ist bis auf weiteres unbekannt. Bezüglich des Lebistes wird dieses Verhältnis durch folgende Erwägung bestärkt. Die erste Altersgruppe Männchen, die die Geschlechtsreife in einem Alter von durchschnittlich 60 Tagen erreicht hat, hatte zu dieser Zeit eine durchschnittliche Grösse von 14.55 mm; die nächste Altersgruppe, die die 70 Tage alten Tiere umfasst, war zu diesem Zeitpunkt 14.86 mm. Um zu berechnen wie gross die letzteren Männchen in einem Alter von 60 Tagen waren, kann eine ungefähre Schätzung auf folgende Art gemacht werden. Die allgemeine Grösse bei der Geburt ist ungefähr 7 mm. Die letzte Altersgruppe Männchen ist also in 70 Tagen 7.86 mm an absolutem Körperwachstum gewachsen. Die Wachstumskurve ist ziemlich geradlinig, sodass das Wachstum per Tag als ungefähr gleichgross während der ganzen Zeit angesehen werden kann, d. h. in diesem Falle 0.112 mm. Während der letzten 10 Tage sind sie folglich theoretisch gesehen 1.12 mm gewachsen, ihre Grösse nach 60 Tagen muss also  $14.86 - 1.12 = 13.74$  mm gewesen sein. An diesem Tage waren sie also bedeutend kleiner als die früheste Gruppe Männchen, die an diesem Tage die Geschlechtsreife bei einer Grösse von 14.55 mm erreicht hat.

Die zu den Versuchen gehörenden Männchen haben eine stark variierende Wachstumsgeschwindigkeit gezeigt. Dieses verschiedene Wachstum (das die Verschiedenheiten in Bezug auf das Alter hervorgebracht hat) kann entweder darauf beruhen, dass sie in einem mehr oder weniger günstigen Milieu gelebt haben, oder auch darauf, dass die individuellen Anlagen verschieden gewesen sind. Dass diese erblichen Anlagen nicht völlig gleich sind, kann als bestimmt betrachtet werden, nachdem Verschiedenheiten zwischen verschiedenen Stämmen vorkommen können. (Siehe oben.) Aber die Frage ist, ob es die genotypische Variation zwischen den 128 BD 6 Männchen war, die Anlass zu einer krummen Regressionslinie gegeben hat, oder ob es die Milieuvorschiedenheit war. Das Problem, das gelöst werden muss, ist also: *Stell die erhaltene Kurve eine Milieu- oder Genotypvariation des Zusammenhanges Grösse—Alter dar?*

Zu Anfang können einige Wahrscheinlichkeitsgründe angeführt werden. Die alte Erfahrung, dass mit Hungerkost genährte Lebistesjungen eine geringe Grösse erreichen, wenn sie in hohem Alter die Geschlechtsreife erreichen, weist darauf hin, dass mindestens der abwärts steigende Schenkel die Milieumodifikation representiert. Dass dies auch bei dem aufwärts steigenden Schenkel der Fall ist, wird durch die in Tabelle 7 eingehenden Thyroxinversuche angedeutet. Versuch 4 (a und b) ist ein solcher Versuch. Thyroxin bringt eine Verbrennungssteigerung zu Stande, die bei gutem Nahrungszugang eine Steigerung der Wachstumsgeschwindigkeit mit sich bringt. Wir sehen auch, dass die mit Thyroxin behandelte Wurfhälfte die Geschlechtsreife in einem Alter von 44—79 Tagen erreicht hat, während die Kontrolltiere diese zwischen 79—150 Tagen erreicht haben. Es liegt also ein beträchtlicher Unter-

schied vor. Wie aus der Tabelle hervorgeht, ist auch die Körpergrösse bei der Geschlechtsreife sehr verschieden, indem die Thyroxintiere eine Mittelgrösse von 15.14 mm, die Kontrolltiere dagegen eine solche von 17.33 mm gehabt haben. Der Verbesserung des Wachstums bei den Thyroxintieren entspricht also, dass sowohl das absolute als auch das ontogenetische Alter stark zurückgegangen ist, was dafür spricht, dass der aufwärts steigende Schenkel der Kurve die Milieumodifikation darstellt.

Ein mehr ausschlaggebendes Indizium kann doch vorgebracht werden. Wenn die Kurve die genotypische Verschiedenheit in der Wachstumsgeschwindigkeit representieren würde, würde diese Spaltung der Wachstumsfaktoren einigermaßen gleichmässig innerhalb jeden Wurfes vorsichgehen. Jeder Wurf des Types BD 6 müsste also im Prinzip die ganze krumme Kurve aufweisen. Wenn andererseits Milieumodifikationen die Kurve zu Stande gebracht hätten, müssten die verschiedenen Würfe verschiedene Fraktionen der Kurve repräsentieren. Gewisse Würfe haben ein durchgehend besseres Wachstum als die übrigen gezeigt, und wenn der ganze Wurf schneller gewachsen ist, als es dem Alter von 88—89 Tagen entspricht, so muss die Tendenz in diesem Wurf sein, dass die Männchen immer grösser werden, je später sie die Geschlechtsreife erreichen. Wenn dagegen das Wachstum des Wurfes schlechter gewesen ist, müssen die grössten Männchen unter den ersten in diesem Wurf zu finden sein.

Die Anzahl der Tiere in jedem Wurf ist viel zu klein um eine Analyse zuzulassen, die mit der zu vergleichen wäre, die mit dem ganzen Material von 128 Tieren durchgeführt worden ist. Aber da es sich bei Ausführung der genannten Probe nur darum handelt zu entscheiden inwieweit die Würfe die ganze Kurve oder Fraktionen davon aufweisen, genügt es die geraden Linien, die Regressionslinien zu berechnen, die sich am besten an die Grössenwerte für die Tiere innerhalb des Wurfes anschliessen. Wenn die bekannte Kurve für das ganze Material zu einer geraden Linie »approximiert« wird, wird diese in der Hauptsache horizontal gehen. Eine Approximation des einen Schenkels dagegen, wird mehr oder minder schräg gehen, d. h. steigend oder fallend je nach der Grösse des Teiles der Kurve, den er umfasst.

Die geraden Regressionslinien für die Werte innerhalb jeden Wurfes sind nun in Fig. 5 berechnet und aufgezeichnet worden. Hier sind die Linien nur zwischen den Tagen, an welchen das erste, resp. letzte der Männchen die Geschlechtsreife erreicht hat, aufgezeichnet. An den Linien sind die Versuchsbezeichnungen von Tab. 7, in der sich die wirklichen Werte finden, angezeichnet. Die Linien 6 a, 6 b und 8 zeigen eine deutliche Tendenz zu steigen, während die Linien 7 b, 7 a und 10 fallen und die Linie 9 endlich ungefähr horizontal geht. Die Linien weisen folglich eine ausserordentlich klare Tendenz bei einem Alter von 80—90 Tagen zu kulminieren, d. h. die Linien laufen mit dem gefundenen Scheitelpunkt der Kurve zusammen. Dass die

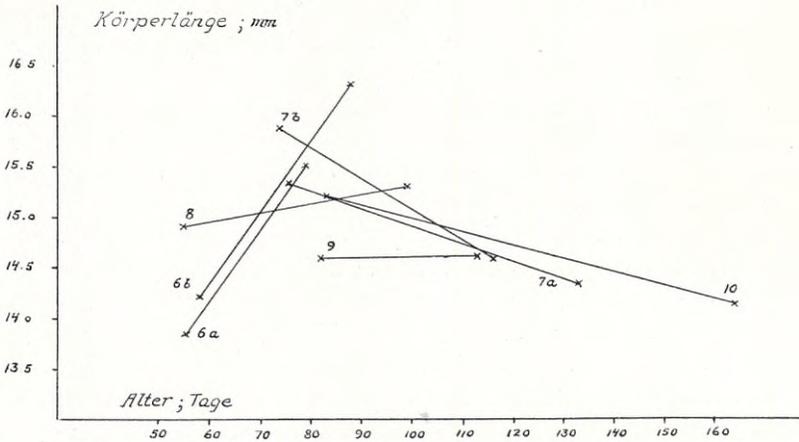


Fig. 5. Gerade Regressionslinien für Teilwürfe BD 6. (Siehe Text.)

Kurve für das ganze Material kräftiger fällt als es die Linien zu tun scheinen, beruht darauf, dass die Altersvariante bei der Berechnung der Kurve in Gruppen zusammengenommen wurden, von welchen die letzte Gruppe alle Männchen zwischen dem 115—164 Tage umfasst, was schon vorher erwähnt wurde. Die Verringerung der Geschlechtsreifengröße bei hohem Alter geschieht also in der Tat nicht so schnell, wie es die Kurve anzuzeigen scheint.

Die für jeden Wurf oder vielleicht besser Teilwurf aufgezeichneten Regressionslinien zeigen doch klar, dass die Relation Alter-Größe der verschiedenen Würfe verschiedene Bruchstücke der bekannten Kurve ausmacht, und nicht selbst mit dieser Kurve identisch ist. Dies bedeutet seinerseits, dass die genotypische Verschiedenheit zwischen dem Wachstumsvermögen der verschiedenen Männchen die Kurve nicht zu Stande gebracht haben kann, sondern nur dazu beigetragen haben kann, die Zerstreuung der Werte um dieselbe zu erhöhen. *Die Kurve als solche repräsentiert dagegen die Milieumodifikation des Zusammenhanges zwischen Körpergröße und Alter bei der Geschlechtsreife.*

### Zusammenfassung über Alter und Größe bei der Geschlechtsreife.

Schon früher ist die Schwierigkeit die genotypische Variation von der phänotypischen zu scheiden berührt worden. Dadurch dass jetzt die modifizierende Einwirkung der Milieuvorschiedenheiten festgestellt worden ist, kann auch die genotypische Variation mit Leichtigkeit konstatiert werden.

In Versuch 5 z. B. ging die vorher erwähnte Rasse A ein, die auffallend gross gewachsen war. Die Mittelgröße für diesen Wurf (leider gibt es keine

Rasse in reinem Zustand mehr) war 18.04 mm und das mittlere Alter bei der Geschlechtsreife 72 Tage. Aus der Diskussion über die Milieukurve geht hervor, dass es keine Möglichkeit gibt die BD 6-Tiere zu einer solchen Grösse hinaufzupressen. Das für eine Maximalkörpergrösse günstigste Milieu gestattet nur eine Körpergrösse von gut 15 mm und die einzelnen Tiere, die bis zu 16 mm kommen, sind mit ziemlich grosser Sicherheit solche, deren genotypisches Wachstumsvermögen über dem Durchschnitt für die BD 6-Tiere liegt. Da die Tendenz innerhalb der beiden Teilwürfe des Versuches 5 mit Rasse A schwach steigend ist, erscheint es ausserdem wahrscheinlich, dass diese Rasse ihre Maximalgrösse nicht bei 18.04 mm, sondern erst später erreicht. Es kann mit anderen Worten angenommen werden, dass der Wurf ein Abschnitt des steigenden Schenkels der Milieukurve ist. Der grosse Unterschied zwischen BD 6-Tieren und A-Tieren muss also auf rein genotypische Verschiedenheiten, bezüglich der Grösse bei der Geschlechtsreife zurückgeführt werden. *Bezüglich der Körpergrösse muss also festgestellt werden, dass trotzdem die Einwirkung des Milieus sehr gross ist, es genotypische Verschiedenheiten gibt, die mindestens gleichgrosse Unterschiede mit sich führen.*

Die A-Tiere haben aber nicht nur eine grosse Körpergrösse, d. h. ein hohes ontogenetisches Alter bei der Geschlechtsreife, sondern diese Tiere zeigen auch ein sehr gutes Wachstum. Da sie bei einem Alter von 72 Tagen bedeutend grösser sind, als gleichaltrige BD 6-Tiere, sind sie offenbar viel schneller gewachsen als diese. Es scheint, als ob das hohe ontogenetische Alter bei der Geschlechtsreife im allgemeinen im Zusammenhang mit sehr gutem Wachstum stehen würde. In mehreren Versuchen (auch solchen die nicht in die Tabelle 7 eingehen) ist nämlich konstatiert worden, dass infolge genotypischer Ursachen gross gewachsene Tiere auch gerne sehr schnellgewachsen sind. Es scheint, trotzdem das Material noch ziemlich klein ist, so zu sein, dass die genotypische Variation entgegengesetzt der Milieumodifikation wirkt, d. h. dass ein Männchen, das infolge genetischer Ursachen schnell wächst auch grossgewachsen wird, während ein Männchen, das infolge günstigen Milieus gutes Wachstum zeigt, statt dessen klein wird.

Dieser Unterschied gilt jedoch in diesem Fall nur bei einem Vergleich zwischen verschiedenen Würfen, innerhalb eines und desselben Wurfs wird das Verhältnis noch komplizierter. Nehmen wir an, dass ein Wurf Jungen in einem Aquarium zusammen aufwächst. Die Tiere, die Anlagen für ein schnelles Wachstum haben, müssen den anderen schnell an Wachstum vorauskommen. Diese grossen Tiere haben dadurch die Möglichkeit bekommen sich vorzudrängen, wenn es Nahrung gibt. Sie werden dadurch die Tiere, die ihnen etwas an Grösse nachstehen, hinausdrängen. Je knapper die Nahrung ist, desto mehr wird die Konkurrenz geschärft und desto grösser wird der Unterschied zwischen den grösseren und kleineren Jungen. Das Milieu wird dadurch günstiger für die grösseren mit Anlagen für grosse Körpergrösse und

folglich wird dieses günstige Milieu in entgegengesetzter Richtung wirken, d. h. danach streben eine Geschlechtsreife bei niedrigem ontogenetischem Alter hervorzurufen. Wenn man bei einem grossen Material die zeitigsten, aber vielleicht kleinsten Männchen auswählt, müsste man folglich die grösste Möglichkeit haben unter diesen Tieren diejenigen mitzubekommen, die erbliche Anlagen für hohes ontogenetisches Geschlechtsreifenalter und grosse Körpergrösse haben. Wenn man dagegen innerhalb des Materiales die grössten Männchen auswählt, die die Geschlechtsreife bei hohem absolutem Alter erreicht haben und vermutlich in ziemlich normalem oder direkt ungünstigem Milieu gelebt haben, so finden sich gute Möglichkeiten, dass die Abkömmlinge dieser Tiere weder gross noch schnellgewachsen werden. Diese dem Anscheinen nach paradoxe Betrachtung wurde auf folgende Weise durch Versuch geprüft.

Zwei Männchen der Rasse BD 6 aus dem Versuch 9 von Tabelle 7 wurden für eine Kreuzungsexperiment ausgewählt. Das eine Männchen war das, das innerhalb des Wurfes zuerst die Geschlechtsreife erreicht hatte, mit einem Alter von 82 Tagen und einer Grösse von 15.0 mm. Das andere Männchen war eines, das bedeutend langsamer wuchs und das im Alter von 106 Tagen eine Geschlechtsreifengrösse von 16.1 mm erreicht hatte. Jedes dieser Männchen wurde mit einem Weibchen aus demselben Wurf gepaart. Dieser Versuch, der noch läuft, hat bis jetzt 20 Männchen aus jeder Kreuzung ergeben. Der Versuch wurde so geordnet, dass beide Weibchen ungefähr gleichzeitig befruchtet wurden, weshalb sie auch ihre Würfe Jungen ungefähr zu gleicher Zeit gebaren. (Zeitunterschied nach 4 Würfen nur 3 Tage.) Von diesen Würfen sind gleichviel Junge von jedem Elternpaar in zwei gleiche Aquarien nebeneinander gesetzt worden und unter so identischen Milieuverhältnissen, wie überhaupt nur möglich, aufgezogen worden. Es zeigte sich sofort, dass das Wachstum der Abkömmlinge des 15.0 mm Männchens ein besseres war. Der Unterschied ist nicht besonders gross und variiert etwas von Wurf zu Wurf, was natürlich ist, aber er ist statistisch vollkommen sicher. Von besonders grossem Interesse war jedoch die Geschlechtsreifengrösse der Männchen. (Tabelle 9.)

Es liegt also auch bezüglich der Grösse bei der Geschlechtsreife ein statistisch sicherer Unterschied zwischen den beiden Gruppen Männchen vor. Wie aus den Mittelzahlen hervorgeht sind *die Söhne des 15.0 mm Männchens bedeutend grösser als der Vater, während die Söhne des 16.1 mm Männchens bedeutend kleiner als dieses sind*. Es scheint daher als ob die Richtigkeit der vorhergehenden Betrachtungen vollkommen bewiesen wäre, nämlich dass die genotypische Geschlechtsreifengrösse eines infolge genotypischer Ursachen schnell gewachsenen Männchens durch günstiges Milieu auf eine relativ geringe Grösse modifiziert werden kann, während die geringere Geschlechtsreifengrösse eines nicht ganz so schnell gewachsenen Männchens durch ein nicht ganz so günstiges Milieu verbessert werden kann. Wahrscheinlich ist

Tabelle 9. Grösse bei der Geschlechtsreife bei 2 Serien Männchen.

Söhne des 15.0 mm Männchens.					Söhne des 16.1 mm Männchens.				
15.2	15.3	15.5	15.7	15.8	14.6	14.8	14.9	15.1	15.4
15.8	15.9	15.9	16.0	16.0	15.4	15.5	15.5	15.6	15.7
16.1	16.1	16.2	16.2	16.4	15.7	15.8	15.8	15.8	16.1
16.4	16.4	16.8	16.9	16.9	16.1	16.2	16.2	16.4	16.4
$\bar{x} = 16.08$ S. 321.5					$\bar{x} = 15.65$ S. 313.0				
Variationsanalyse: $S(x) = 634.5$ $S(x^2) = 10,075.93$ $S(x - \bar{x})^2 = 11.17$									
Variationsursache	Freiheitsgrade	Quadratsumme	Mittelquadrat						
»Zwischen Gruppen».....	1	1.80	1.80						
»Innerhalb Gruppen».....	38	9.37	0.25						
Summe	39	11.17	—	Quote: $\frac{1.80}{0.25} = 7.2$					
				P = 0.015					

das Verhältnis auch wirklich so, aber der Beweis ist noch nicht völlig zwingend, solange nicht kontrolliert worden ist, ob genotypische Verschiedenheiten zwischen den in den Versuch eingehenden Weibchen das Resultat beeinflussen konnten. Ein vollständiger Beweis liegt also nicht vor, solange die beiden Männchen nicht auch mit den gegenseitigen Weibchen gekreuzt worden sind und eine neue Reihe Abkömmlinge dasselbe Resultat gezeigt hat. Die Verfolgung des Versuches in dieser Richtung beansprucht jedoch beträchtlich viel Zeit, da ein Weibchen, einmal zur Zucht verwendet, erst lange Zeit danach mit einem anderen Männchen gepaart werden kann.

Aus Tabelle 8 geht hervor, dass die 128 BD 6-Männchen im Ganzen 9 Tiere mit einer Körpergrösse von 16.0 mm oder darüber aufweisen konnten. Von den 40 Männchen der nächsten Generation (Tab. 9) haben nicht weniger als 18 diese Grösse erreicht. Die Maximigrösse in der älteren Generation war ausserdem 16.5 mm, während schon 3 Männchen der neuen Generation diese Grösse überschritten. Es ist also deutlich, dass die jüngere Generation eine Tendenz zeigt grössere Männchen hervorzubringen. Leider sind die Muttertiere BD 6 schon tot, sodass eine neue F 1-Generation zu vergleichenden Wachstumsversuchen nicht zu Stande gebracht werden kann, aber es scheint, als ob das Wachstum bei der F 2-Generation besser wäre. Dies würde dadurch ein neuer Fall werden, in dem, wie vorher erwähnt, genotypisch bedingtes besseres Wachstum im Zusammenhang mit grosser Körpergrösse bei der Geschlechtsreife steht. Die Tendenz bei F 2 grössere Männchen hervorzubringen ist auch deshalb von Bedeutung, weil sie die Gefahr hervorhebt sich Rassen als feststehend in genetischer Beziehung vorzustellen. Die Rasse ist ja fortdauernd dieselbe (Väter — Söhne), während die erbliche Anlagen für schnelles Wachstum und grosse Geschlechtsreifengrösse durch Auswahl umgruppiert und scheinbar verändert wurde.

### Die Grösse der Hoden bei der Geschlechtsreife.

Es ist bereits vorher erwähnt worden, dass Messungen der Grösse des Hodens gleichzeitig mit Messungen der Körperlänge vorgenommen worden sind. Über die Hodengrösse bei dem ganzen Material ist auf Tabelle 7 berichtet worden. Schnell genug wurde bemerkt, schon bei dem Sammeln des Materiales, dass die Hodengrösse nicht konstant war, sondern gewissen Variationen, die im Zusammenhang mit Alter und Körpergrösse bei der Geschlechtsreife stehen, unterworfen war. Um leicht einen Vergleich mit der Körpergrösse vornehmen zu können, sind die Hodengrössen für die vorher besprochenen BD 6-Tiere in einer besonderen Tabelle gesammelt worden. (Tab. 10.)

**Tabelle 10. Hodengrösse bei 125 Männchen vom Typ F1 aus BD 6.**

Hodengrösse mm <sup>2</sup> prov. Sk.		Alter in 10-Tage- Perioden und Prov. Skala.							S.
		55—64 - 3	65—74 - 2	75—84 - 1	85—94 0	95—104 + 1	105—114 + 2	115—164 + 3	
4.76—5.00	+ 8	1	1	—	1	—	—	1	4
4.51—4.75	+ 7	—	1	—	—	—	—	—	1
4.26—4.50	+ 6	—	—	—	—	—	—	—	0
4.01—4.25	+ 5	1	1	—	1	—	—	—	3
3.76—4.00	+ 4	—	—	3	1	—	—	1	5
3.51—3.75	+ 3	—	2	4	3	1	1	—	11
3.26—3.50	+ 2	—	3	1	3	4	1	1	13
3.01—3.25	+ 1	1	2	5	6	4	1	2	21
2.76—3.00	0	3	3	1	4	3	5	5	24
2.51—2.75	- 1	4	1	—	5	3	4	2	19
2.26—2.50	- 2	6	2	—	2	2	1	4	17
2.01—2.25	- 3	—	1	—	1	—	—	3	5
1.76—2.00	- 4	—	—	—	—	—	—	—	0
1.51—1.75	- 5	—	—	—	—	—	—	1	1
1.26—1.50	- 6	—	—	—	—	—	—	—	0
1.01—1.25	- 7	—	—	—	—	—	—	1	1
S.		16	17	14	27	17	13	21	125

Aus der Tabelle geht hervor, dass sich in den Altersgruppen 75—84 und 85—94 die durchschnittlich grössten Hoden finden, wie es auch in Bezug auf die Körpergrösse der Fall war. Sowohl ältere als auch jüngere Männchen haben folglich kleinere Hoden. Um eine sichere Basis für Vergleiche mit der Körpergrösse zu erhalten, muss doch die Regressionslinie berechnet werden, die sich

auf bestmögliche Weise den gegebenen Werten anschliesst. Es ist klar, dass auch diese Linie eine krumme Kurve zweiten Grades werden wird. Um die Berechnungen zu erleichtern ist auch jetzt eine provisorische Skala in die Tabelle eingelegt worden.

Die Gleichungssysteme, die gelöst werden müssen, sind dieselben die vorher auf Seite 31 genannt wurden. Die Absicht ist, die beiden partiellen Regressionskoeffizienten  $b_1$  und  $b_2$  herauszubekommen. Folgende Werte sind zur Lösung des Gleichungssystemes notwendig:  $S(x) = 10$   $S(x^2) = 484$   $n = 125$   $S(x^3) = 106$   $S(x^4) = 3508$   $S(y) = 74$   $S(xy) = -114$   $S(x^2y) = -10$ . Werden diese numerischen Werte in die Gleichung eingesetzt, erhält man die Regressionskoeffizienten  $b_1 = -0.2236$  und  $b_2 = -0.1722$ . Der Zusammenhang zwischen den Altersgruppen ( $x$ ) und der Hodengrösse ( $y$ ) kann damit durch folgende Gleichung ausgedrückt werden:  $Y = 0.592 - 0.2236(x - 0.08) - 0.1722(x^2 - 3.872)$ . Diese Kurve zweiten Grades ist als Vergleich in Fig. 4 eingelegt worden.

Der Vergleich zwischen den beiden Kurven für Körpergrösse und Hodengrösse bei zunehmendem Alter lässt folgende Schlüsse zu:

1. Beide Kurven zeigen einen zuerst steigenden und dann fallenden Schenkel, je nachdem das Alter bei der Geschlechtsreife zunimmt. Das bedeutet also, dass die Hodengrösse in gewissem Masse der Körpergrösse folgt, d. h. dass *die Hodengrösse und die Körpergrösse bei der Geschlechtsreife in gewisser direkter Proportion zu einander stehen oder positive Korrelation zeigen*.

2. Die Hodengrösse kulminiert früher und ihre ganze Kurve ist ein Stück in Richtung niedrigeres Alter verschoben. Dies bedeutet offenbar, dass *die herrschende Korrelation zwischen Körpergrösse und Hodengrösse durch die Tendenz gemindert wird, dass der Hoden bei den jüngeren Männchen relativ grösser ist*.

Dass die Hodengrösse im Prinzip in direkter Proportion zur Körpergrösse des Tieres steht, erscheint natürlich und wurde auch erwartet. Dagegen ist es unerwartet, wenn man findet, dass ein kleines junges Männchen einen bedeutend grösseren Hoden hat, als ein ebenso grosses jedoch älteres Männchen. Dieses Verhältnis muss bedeuten, dass Hodenwachstum und Körperwachstum teilweise unabhängig von einander sind, wobei das Hodenwachstum stärker auf die wechselnden Milieuverhältnisse reagiert. Es ist möglich, dass diese Verschiedenheit im Zusammenhang mit verschiedenen Prinzipien für das Wachstum steht. Nach GERBILSKY (1937) beruht das postembryonale Körperwachstum zum grossen Teil auf Zellenvergrösserung und nicht auf der Erhöhung der Anzahl Zellen. Dies kann übrigens zur Erklärung beitragen, warum Fische eine so viel grössere Variabilität im Wachstum zeigen als andere Vertebraten.

Die Grösse des Hodens dagegen beruht auf der Anzahl durchgeführter Zellteilungen. Wie bekannt geschieht erst damit der Aufbau einer Anzahl

Spermatogonieloben, dass die primären Spermatogoniezellen sekundäre abteilen, die durch wiederholte Zellteilungen eine Lobe bilden. Erst einige Zeit danach gehen diese Spermatogonien zwei neue Teilungen durch, Reifeteilungen, wodurch Spermatiden gebildet werden, die dann langsam zu Spermien reifen. Die absolute Grösse oder das Volumen eines Hodens beruht also teils und vor allem auf der Anzahl Loben, teils auch darauf inwieweit die Loben ihr Volumen durch Reifeteilungen erhöht haben.

Um die Variation der Hodengrösse weiter zu analysieren, wurde eine mikroskopische Prüfung einer Anzahl Gonaden vorgenommen. Es zeigte sich dabei, dass die kleinen Hoden bedeutend weniger Loben enthielten, während dagegen die Reife der Loben hier fortgeschrittener war als bei den grösseren, lobenreichen Hoden. Der messbare Unterschied an Volumen beruht folglich vollständig auf der Anzahl der zu dem Hoden gehörenden Loben. Da die grösseren Hoden durchschnittlich gesehen bei den Tieren vorkommen, die ein besseres Wachstum gezeigt haben, während die kleineren Gonaden den Tieren eigen sind, die schlechter gewachsen sind, kann festgestellt werden, dass *ein günstiges Milieu den Aufbau einer grossen Anzahl von Loben im Hoden fördert.*

In der normalen Entwicklung eines Hodens ist der Aufbau der Spermatogonieloben der erste Schritt, erst danach tritt, vermutlich durch hormonalen Impuls, die fortdauernde Reife dieser Loben durch die meiotische Teilungen zu Spermatiden ein. Es erscheint daher wahrscheinlich, dass die Anzahl Loben mit Spermatiden, oder im vollreifen Zustand mit Spermien, in einer gewissen Proportion zu der ganzen Anzahl Loben stehen muss. Da nun aber die kleineren Hoden keine kleinere Anzahl reifer Loben hatten, als die grösseren, ist deutlich eine Verschiebung eingetreten, insofern als die Reife der Loben bei den kleineren Hoden ontogenetisch früher eingetroffen ist. Da diese kleineren Hoden ihrerseits hauptsächlich unter den langsamer wachsenden Tieren zu finden sind, kann auch festgestellt werden, dass *ungünstiges Milieu die definitive Reife der Spermatogonieloben begünstigt.*

In diesem Zusammenhang muss der erwähnte Unterschied zwischen scheinbarer und wirklicher Geschlechtsreife berührt werden. Wie schon früher gesagt, wurde das Auftauchen der sekundären Geschlechtscharaktere bei den Männchen als Zeichen für das Eintreten der Geschlechtsreife angesehen. Diese scheinbare Geschlechtsreife spiegelt nun die wirkliche Geschlechtsreife ganz gut. Die ausdissekierten Hoden zeigen in der Regel gerade die ersten reifen Spermieloben. Die kleinen Hoden haben jedoch, wie gerade gesagt, durchschnittlich vielleicht einige reife Spermieloben mehr, weshalb man sagen kann, dass diese Tiere etwas zu spät herausgenommen worden sind, zum mindesten im Vergleich zu den Tieren, die die grösseren Hoden haben. Eine Korrektur von der scheinbaren zur wirklichen Geschlechtsreife würde also zur Folge haben dass die am langsamsten wachsenden Tiere etwas früher

herausgenommen werden hätten sollen, als ihre Körpergrösse (und auch Hodengrösse) noch etwas kleiner gewesen war. Diese Korrektur bringt also mit sich, dass die beiden erhaltenen Kurven nach dem Maximum stärker fallen würden, als sie es auf Fig. 4 tun. Die Methode, die scheinbare Geschlechtsreife zu brauchen, hat also keine prinzipiellen Fehler mitgebracht, im Gegenteil sind die erhaltenen Körpergrössen- und Hodenvolumenunterschiede etwas zu klein geworden.

Weil der kleinste gemessene Hoden noch eine beträchtliche Anzahl Loben enthält, erscheint es wahrscheinlich, dass eine gewisse Minimianzahl Loben oder ein gewisses Minimalalter derselben erforderlich ist, damit die Reifeteilungen einsetzen können. Dieses hypotetische Minimistadium ist dadurch von grossem Interesse, dass man eine rekordschnelle Geschlechtsreife dadurch erhalten können müsste, wenn man die Milieuverhältnisse vor der Erreichung derselben sehr günstig hielte, während dagegen mit kräftiger Verschlechterung des Milieus eingesetzt würde, nachdem dieses Stadium erreicht ist. Das günstige Milieu im Anfang des Versuches muss wohl zu einer Schnellproduktion zahlreicher Loben stimuliert haben, die man dann bei der Milieuverschlechterung innerhalb kürzester Zeit zur Reife bringen konnte. Es sind jedoch ganz grosse Schwierigkeiten mit einem solchen Versuch verbunden. Trotzdem sind einleitende Experimente in dieser Richtung vorgenommen worden. Es ist jedoch noch zu zeitig zu entscheiden, ob auf diesem Wege der Beweis dafür erbracht werden kann, dass ein solches hypotetisches Minimistadium wirklich vorliegt.

Bis auf weiteres kann jedoch gesagt werden, dass die Untersuchung über die Hodengrösse bei *Lebistes* darauf hinzuweisen scheint, dass die Einwirkung des Milieus bedeutend ist und dass ein permanentes Milieu den einen der beiden Schritte in der Entwicklung, die zur Geschlechtsreife führt, günstig und den anderen ungünstig beeinflusst. Wenn man bedenkt, dass das hypotetische Minimistadium verschieden hoch bei verschiedenen Arten liegen kann, müsste man hierdurch zu einer einheitlichen Erklärung für die scheinbar widersprechenden Resultate, zu welchen die Versuche über den Zusammenhang zwischen Milieu und Geschlechtsreife bei verschiedenen Arten geführt haben, kommen können. Was *Lebistes* anbelangt muss dieses Stadium ziemlich hoch liegen, sodass viele Loben, oder ein relativ hohes Alter der Loben erforderlich ist, damit die Reifeteilungen einsetzen können. Das kann man dadurch schliessen, dass ein permanent günstiges Milieu eine so schnelle Geschlechtsreife ergibt. Wenn dagegen dieses Stadium sehr niedrig liegt (das Vorkommen von geschlechtsreifen Zwergformen, »Tausendbrüder« und Forellen bei *Perca* und *Salmo trutta*) muss ein ungünstiges Milieu eine sehr schnelle Geschlechtsreife ergeben können.

Als Zusammenfassung der Resultate in Bezug auf *Lebistes* kann gesagt werden, dass bei den Männchen gutes Milieu in einer schnellen Geschlechts-

reife bei geringer Grösse, aber mit grossem Hodenvolumen resultiert. Schlechtes Milieu dagegen führt eine Verspätung der Geschlechtsreife im Verhältnis zur Zeit und ein kleineres Hodenvolumen med sich. Auch diese Tiere werden kurzgewachsen. Grosse Männchen kann man in mittelmässigen Milieuverhältnissen erhalten, wobei sowohl Alter als auch Hodenvolumen intermediär sind. Entsprechende Untersuchungen bei Weibchen sind nicht vorgenommen worden. Dies ist auf das Fehlen der sekundären Geschlechtscharaktere zurückzuführen, die so knapp in Bezug auf Zeit fixiert werden können, dass die nödtige Differentiering des Materiales vorgenommen werden kann. Wahrscheinlichkeitsgründe und Analogien sprechen jedoch dafür, dass sich in Bezug auf das Beruhen der Geschlechtsreife auf Körperwachstum und Milieuverhältnisse viele Übereinstimmungen zwischen den Geschlechtern finden.

### Sammanfattning.

Avsikten med de här framlagda undersökningarna har varit att dels belysa könsnognadens inverkan på tillväxten, dels också undersöka sambandet mellan olika tillväxthastighet och tidpunkten för könsnognadens inträdande. Undersökningarna ha utförts på Wenner-Grens Institutet i Stockholm.

Försöken ha utförts med den lilla vanliga akvariefisken *Lebistes reticulatus*, som lämpar sig utmärkt för dylika studier. Tillväxten är god och könsnognad uppnås efter 2—3 månader. Djuren ha ingen bestämd lektid, utan generation följer på generation hela året om. *Lebisteshonan* föder ungefär en gång i månaden ett antal ungar, vanligtvis 10—40 st., som vid födelsen äro cirka 7 mm långa och som genast börja söka föda på egen hand. Befruktningen sker inne i äggladaren och hanen har analfenans första strålar omgjorda till ett parningsorgan. Hanen når könsnognad något före honan och slutar vid denna tid upp att vidare tillväxa. Vid denna tid uppträda brokiga färger och svarta fläckar i varierande mönster på kroppens sidor och även på ryggfenan. Honan är däremot ofärgad och tillväxer kontinuerligt även efter könsnognaden. Tillväxten hos hanar och honor framgår f. ö. av fig. 1, som visar den kontrollerade längden i mm vid olika åldersstadier hos en kull om 10 djur.

För att närmare belysa könsnognadens inverkan på kroppstillväxten har ett stort antal försök med könhormoner företagits. Som bekant innebär könsnognaden bl. a. att vid denna tid kemiska ämnen, könhormoner, bildas i gonaden och vid sin cirkulation i kroppen åstadkomma de för könet speciella karaktärerna, d. v. s. de sekundära könskaraktärerna. Sådana könhormoner finnas numera i handeln och kunna alltså sprutas in på eller blandas i födan till de djur, som skola undersökas. Vid de här omtalade försöken ha hormoner blandats i djurens normala föda.

Det honliga könhormonet oestron visade sig ha en starkt hämmande in-

verkan på kroppstillväxten hos ungar och könsmogna honor. Behandlade hanar däremot erhöilo, när den normala könsmognadsstorleken var inne, icke de vanliga sekundära könskaraktärerna och en mikroskopisk granskning av deras testiklar visade att gonaden var svagt utvecklade och t. o. m. kunde innehålla äggceller (fig. 2). Den normalt vid denna tid inträffande, starka tillväxthämningen uteblev också och djuren fortsatte att växa utöver normal storlek. Om behandlingen med oestron upphörde, inträffade dock en försenad könsmognad, varvid tillväxten avstannade. Även redan för länge sedan könsmogna hanar kunde med hjälp av oestron åter bringas att tillväxa. Genom upprepad sådan behandling erhöilos jättedjur (fig. 3), som voro betydligt längre och grövre än normala hanar.

Det hanliga könshormonet testosteron visade sig ha en analog inverkan på tillväxten. Ännu icke könsmogna djur hämmades i sin tillväxt, könsmogna hanar troligen likaså (det låter sig icke säkert påvisas eftersom den normala tillväxtökningen vid denna tid är så obetydlig), medan könsmogna honor visade en förbättrad tillväxt. En tillbakagång i ovariets utveckling inträffade i samband härmed.

Dessa hormonförsök synes innebära att orsaken till den normala, mer eller mindre starkt markerade tillväxtminskningen i samband med könsmognad hos fiskar, beror på de vid denna tid producerade könshormonerna. Dessa hormoner verka hämmande på tillväxten hos könsmogna djur och även på unga djur, om hormonerna experimentellt tillföras dessa.

Både hanligt och honligt könshormon ha samma inverkan, dock troligen ofta olika stark, varigenom den påfallande könsskillnaden hos Lebistes, abborre och gädda o. s. v. sannolikt helt låter sig förklaras. I de omtalade försöken kunde dock ingen skillnad i intensitet mellan oestron och testosteron påvisas. Troligen äro nämligen fiskarnas könshormoner icke helt kemiskt identiska med de här använda hormonerna och smärre olikheter i hormonets sammansättning och till följd därav avsevärda skillnader i dess verkningar har av en amerikansk forskare bevisats förekomma.

Honligt könshormon verkar destruktivt på en testikel och vice versa. Vid oestronbehandling av en könsmogen hane, kommer därför hans testikel att börja degenerera och därvid stoppa sin produktion av tillväxthämmande testikelhormon. Eftersom detta testikelhormon tidigare helt hindrat hans kroppstillväxt, bortfaller plötsligt detta hinder men ett annat, det experimentellt tillförda oestronet, tillkommer. Om nu denna tillförda dos icke är lika starkt hämmande, kommer tillväxten åter att börja. Vid en måttlig tillförsel av ena könets hormon till könsmogna djur av det andra könets, inträffar alltså en tillväxtförbättring, vilken i försöken klart kunnat påvisas.

Någon direkt praktisk nytta av denna metod för att förbättra tillväxten hos fiskar lär dock aldrig kunna påräknas, enär hormonerna äro mycket dyrbara och metoden förenad med för mycket arbete. Försöken ha alltså sin

betydelse därigenom, att de belysa orsaken till tillväxtens normala tillbakagång vid tiden för könsmognaden.

För att studera könsmognadens relation till olika tillväxthastighet m. m. utplockades ur en serie försök alla hanar vid könsmognadens början, vilken preciserades till just den dag, då de första röda fläckarna på kroppssidan visade sig. De borttagna hanarna mättes, varefter deras testiklar utdissekerades och likaledes mättes. Samtliga erhållna måttuppgifter återfinnas i tabell 7.

Eftersom det föreföll att finnas avsevärda genotypiska skillnader mellan olika stammar beträffande åldern och kroppslängden vid könsmognaden samlades ett stort material av genotypiskt någorlunda enhetliga djur. Sammanlagt erhöles data för 128 hanar, som voro helbröder. Dessa hanars ålder och kroppslängd vid könsmognaden återfinnas i tabell 8. En bearbetning av dessa uppgifter visade, att sambandet mellan ålder och kroppslängd kunde åskådliggöras av en krökt linje (fig. 4). Denna kurva visar att med tilltagande ålder, kroppsstorleken först stiger till ett maximum, för att sedan åter sjunka. Detta innebär, att de tidigast och senast köns mogna hanarna äro de minsta, medan de största hanarna visat en medelmåttlig tillväxt. De tidigast köns mogna hanarna, som alltså blevo tämligen småvuxna, voro dock i början och ännu vid sin könsmognad de största och först senare växte de blivande större hanarna ikapp och förbi.

Dessa 128 hanar hade vuxit upp under varierande miljöförhållanden. Om den erhållna kurvan var åstadkommen genom dessa olika miljöers bättre eller sämre tillväxtförhållanden eller om tillväxtskillnaderna voro av ärftlig natur, kunde nu avgöras på följande sätt. Om den varierande tillväxten berodde på enbart ärftliga anlag, borde denna utklyvning av tillväxtfaktorer ske ungefär likformigt inom varje kull av de 128 helbröderna. Det kunde påvisas att så med säkerhet icke var förhållandet, varför den erhållna kurvan representerar enbart miljömodifikationen av sambandet ålder-kroppsstorlek vid könsmognaden. Gynnsam miljö ger alltså snabbväxande men små hanar, medelmåttig miljö ger sämre växande hanar, som dock växa sig stora innan de nå könsmognaden, medan ogynnsam miljö ger långsamt växande hanar, som återigen bli småvuxna. De erhållna resultaten äro statistiskt fullt säkra.

Genom att härigenom miljöns olika möjligheter till påverkan blevo kända, kunde de genetiska skillnaderna mellan olika stammar lätt fastställas och det visade sig att dessa ärftliga olikheter voro minst lika stora som de, vilka skiftande miljöförhållanden kunna åstadkomma.

Även inom en kull kunde genetiska olikheter påvisas. Två hanar ur samma kull, en snabbväxande och en mera långsamt växande, visade sig ge avkomma med faderns egenskaper. Skillnaden i tillväxt mellan de båda hanarnas avkomma var statistiskt säker. En likaledes statistiskt säker skillnad i storlek vid könsmognaden förekom, varvid den mindre hanens söner visade sig vara

de största. Man kan alltså, åtminstone hos *Lebistes*, ha goda möjligheter att erhålla både snabbvuxna och storvuxna hanar genom att för avel välja ut de mest snabbvuxna individerna, oavsett om dessa äro särskilt storvuxna djur eller ej.

Studiet av de utdissekerade testiklarna visade att även testikelstorleken vid tilltagande könsmognadsålder kan åskådliggöras av en böjd linje (fig. 4). Denna kurva kulminerar dock tidigare än kurvan för kroppsstorleken. Detta innebär att hanarna ha relativt större testiklar ju yngre de äro vid könsmognaden.

Mikroskopisk granskning av testiklarna visade att väsentliga skillnader förekom mellan stora och små testiklar. Det förefaller som om gynnsam miljö skulle gynna uppkomsten av talrika lober i testikeln medan ogynnsam miljö istället skulle gynna lobinnehållets mognad till spermier. Miljöns inverkan på könsmognadens inträdande kan därför vara olika hos olika arter, om skillnader mellan dem förekomma beträffande den utveckling testikeln minst måste ha för att kunna bilda spermier.

---

## Citerad litteratur.

- ALM, GUNNAR, 1939. Undersökningar över tillväxt m. m. hos olika laxöringformer. English summary. Medd. från Statens undersöknings- och försöksanstalt för sötvattensfisket. Nr. 15: 1—93.
- BERKOWITZ, PH. 1938. The effects of estrogenic substances in *Lebistes reticulatus* (guppy). Anat. Rec. 71: 161—175.
- , 1941. The effects of estrogenic substances in the fish (*Lebistes reticulatus*). Journ. of Exp. Zool. 87: 233—244.
- BLACHER, L. 1926. The dependence of secondary sex-characters upon testicular hormones in *Lebistes reticulatus*. Biol. Bull. 50: 374—381.
- BONNIER, G. och TEDIN, O. 1940. Biologisk variationsanalys. Stockholm.
- DILDINE, G. C. 1936. Germ cell origin and gonad differentiation in the viviparous top-minnow *Lebistes reticulatus*. Journ. of Morph. 60: 261—277.
- EVERSOLE, W. J. 1939. The effects of androgens upon the fish (*Lebistes reticulatus*). Endocrinology 25: 328—330.
- , 1941. The effects of pregneninolone and related steroids on sexual development in fish (*Lebistes reticulatus*). Endocrinology 28: 603—610.
- GERBILSKY, N. L. 1937. Development of oocytes in *Carassius carassius* and its dependence upon the temperature. Bull. Biol. Méd. U. R. S. S. 3: 160—161.
- PADOA, E. 1937. Differenziazione e inversione sessuale (femminizzazione) di avanotti di Trota (*Salmo irideus*) trattati con ormone follicolare. Monit. Zool. Ital. 48: 195—203.
- RUBINSTEIN, H. S., KURLAND, A. A. and GOODWIN, M. 1939. The somatic growth depressing effect of testosterone propionate. Endocrinology 25: 724—728.
- WINGE, Ö. 1922. A peculiar mode of inheritance and its cytological explanation. Journ. of Genetics. XII: 137—144.
- , 1927. The location of eighteen genes in *Lebistes reticulatus*. Journ. of Genetics. XVIII: 1—43.
- WUNDER, W. 1939. Die »Hungerform» und die »Mastform» des Karpfen (*Cyprinus carpio* L.). Zeitschr. Morph. u. Ökol. d. Tiere 35: 594—614.

- \* 1917. *Gunnar Alm*. Undersökningar rörande Hjälmarens naturförhållanden och fiske. Nr 204. Pris kr. 1: —.
- \* 1918. *Nils Rosén*. Undersökningar över laxen och laxfisket i Norrbottens län. Nr 208. Pris kr. 1: —.
1918. *Ivar Arwidsson*. Från sjön Öjaren. Nr 210. Pris kr. 0: 50.
1918. *Nils Rosén*. Om laxöringen i övre Norrland. Nr 212. Pris kr. 0: 60.
- \* 1918. *Nils Rosén*. Om laxen och laxfisket i Västerbottens län. Nr 214. Pris kr. 1: 50.
- \* 1919. *Gunnar Alm*. Fiskeribiologiska undersökningar i sjöarna Toften, Testen och Teen (Nerike). Nr 218. Pris kr. 1: 75.
- \* 1920. *Ivar Arwidsson*. Kräfftstammen i en källklar sjö i Södermanland. Nr 222. Pris kr. 1: 25.
1920. *Nils Rosén*. Om Norrbottens saltsjöområdes fiskar och fiske. Nr 225. Pris kr. 4: 25.
- \* 1920. *Gunnar Alm*. Resultaten av fiskinplanteringar i Sverige. Nr 226. Pris kr. 3: 75.
- \* 1920. *Ivar Arwidsson*. Om kräftpesten i Sverige. Anteckningar under åren 1907—1919. Nr 229. Pris kr. 4: —.
1921. *David Nilsson*. Några insjöfiskars ålder och tillväxt i Bottniska viken och Mälaren. Nr 231. Pris kr. 1: 60.
- \* 1921. *G. Alm, T. Freidenfelt m. fl.* Klotentjärnarna. Fiskerivetenskapliga undersökningar utförda på uppdrag av Kungl. Lantbruksstyrelsen. Nr 232.
1922. *T. Freidenfelt*. Undersökningar över gösens tillväxt särskilt i Hjälmaren. Nr 235. Pris kr. 2: —.
- \* 1922. *Gunnar Alm*. Bottenfaunan och fiskens biologi i Yxtasjön m. m. Nr 236. Pris kr. 4: —.
- \* 1922. *Christian Hessle*. Om Gotlands kustfiske. Nr 238. Pris kr. 1: 75.
1922. *Gunnar Alm*. Fiskeristudier i mellersta Europa. Nr 239. Pris kr. 2: —.
1923. *K. A. Andersson, Chr. Hessle, A. Molander, O. Nybelin*. Fiskeribiologiska undersökningar i Östersjön och Bottniska viken. Nr 243. Pris kr. 3: 50.
1923. *O. A. Sundberg*. Insjöfiske i Gästrikland. Nr 245. Pris kr. 1: 50.
1924. *Christian Hessle*. Bottenboniteringar i inre Östersjön. Nr 250. Pris kr. 2: —.
- \* 1924. *Gunnar Alm*. Laxen och laxfiskets växlingar i Mörrumsån och andra Östersjöälvar. Nr 252. Pris kr. 3: 50.
1924. *Ivar Arwidsson*. Några mjärdfisken i Svealand. Nr 253. Pris kr. 1: 50.
1927. *Christian Hessle*. Sprat and Sprat-Fishery on the Baltic coast of Sweden. Nr 262. Pris kr. 0: 75.
- \* 1927. *Gunnar Alm*. Undersökningar över Mälarens bottenfauna. Nr 263. Pris kr. 0: 75.
- \* 1927. *Ivar Arwidsson*. Halländska laxfisken. Nr 266. Pris kr. 2: 25.
1927. *Gunnar Alm*. Fiskeristudier i Förenta Staterna och Canada. Berättelse över en studieresa till Nordamerika under år 1926. Nr 267. Pris kr. 2: 25.
- \* 1927. *Osc. Nordqvist och Gunnar Alm*. Uppfödning av laxengel. Redogörelse över försök vid Kälarnes fiskodlingsanstalt. Nr 268. Pris kr. 1: 25.
1929. *Christian Hessle*. Strömmingsrökning, anläggning och drift av mindre rökerier. Nr 274. Pris kr. 0: 75.
- \* 1929. *Gunnar Alm*. Handledning i fiskevård och fiskodling. Nr 275. Pris kr. 0: 75.
- \* 1929. *Gunnar Alm*. Undersökning över laxöringen i Vättern och övre Motala ström. Nr 276. Pris kr. 1: 50.
1929. *Sten Vallin*. Sjön Ymsen i Skaraborgs län. Nr 277. Pris kr. 1: —.
1929. *Christian Hessle*. De senare årens fiskmärkningarna vid Svenska Östersjökusten. Nr 278. Pris kr. 0: 75.

\* Upplagan slut.

## NY SERIE.

### Meddelanden från Statens undersöknings- och försöksanstalt för sötvattensfisket.

- \* 1933. *Gunnar Alm.* Statens undersöknings- och försöksanstalt för sötvattensfisket. Dess tillkomst, utrustning och verksamhet. Nr 1. Pris kr. 0: 75.
1934. *Gunnar Alm.* Vätterns röding, fiskeribiologiska undersökningar. Nr 2. Pris kr. 0: 75.
1934. *Christian Hesse.* Märkningsförsök med gädda i Östergötlands skärgård åren 1928 och 1930. Nr 3. Pris kr. 0: 50.
1935. *Gottfrid Arvidsson.* Märkning av laxöring i Vättern. Nr 4. Pris kr. 0: 75.
1935. *Sten Vallin.* Cellulosafabriker och fisket. Experimentella undersökningar. Nr 5. Pris kr. 0: 75.
1935. *Gunnar Alm.* Plötsliga temperaturväxlingars inverkan på fiskar. Nr 6. Pris kr. 0: 75.
1935. *Christian Hesse.* Gotlands havslaxöring. Nr 7. Pris kr. 0: 75.
1935. *Orvar Nybelin.* Untersuchungen über den bei Fischen krankheitsregenden Spaltpilz *Vibrio Anguillarum*. Nr 8. Pris kr. 1: 25.
1936. *Orvar Nybelin.* Untersuchungen über die Ursache der in Schweden gegenwärtig vorkommenden Krebspest. Nr 9. Pris kr. 0: 75.
1936. *E. Rennerfelt.* Untersuchungen über die Entwicklung und Biologie des Krebspestpilzes *Aphanomyces astaci*. Nr 10. Pris kr. 0: 75.
1936. *Gunnar Alm.* Huvudresultaten av fiskeribokföringsverksamheten. Nr 11. Pris kr. 1: —.
1936. *Gunnar Alm.* Industriens fiskeavgifter och deras användning. Nr 12. Pris kr. 1: 50.
1937. *H. Bergström* och *Sten Vallin.* Vattenförorening genom avloppsvattnet från sulfatcellulosafabriker. Nr 13. Pris kr. 0: 75.
1937. *Gunnar Alm.* Laxynglets tillväxt i tråg och dammar. Nr 14. Pris kr. 0: 75.
1939. *Gunnar Alm.* Undersökningar över tillväxt m. m. hos olika laxöringformer. Nr 15. Pris kr. 2: 50.
1939. *Lars Brundin.* Resultaten av under perioden 1917—1935 gjorda fiskinplanteringar i svenska sjöar. Nr 16. Pris kr. 1: —.
1940. *Nils Törnquist.* Märkning av vänerlax. Nr 17. Pris kr. 1: —.
1940. *Sven Runnström.* Vänerlaxens ålder och tillväxt. Nr 18. Pris kr. 1: —.
1942. *Arne Lindroth.* Undersökningar över befruktnings- och utvecklingsförhållanden hos lax (*Salmo salar*). Nr 19. Pris kr. 0: 75.
1942. *Lars Brundin.* Zur Limnologie jämtländischer Seen. Nr 20. Pris kr. 2: —

\* Upplagan slut.

Pris kr. 1: —