# Die künstliche Aufzucht von Clupea harengus L.

Von Helmut Schach.

(Aus der Biologischen Anstalt auf Helgoland.)

(Mit 3 Abbildungen im Text.)

## Inhaltsverzeichnis.

Seite

A. Einleitung . . . . . 359
B. Die künstliche Befruchtung und Hälterung der befruchteten Eier bis zum Schlüpfen der Larven . . . . . 359
I. Die künstliche Befruchtung in Emden im Frühjahr 1937 . . . . . 359
II. Erbrütung der künstlich befruchteten Heringseier . . . . . 360
C. Die Aufzucht der geschlüpften Larven . . . . . 362
I. Versuche . . . . . 362
II. Die Ueberwachung und Pflege der Heringslarven und Jungheringe . . . . . 365
III. Ernährung der Heringslarven . . . . . 367
IV. Vermutliche Ursache der Entstehung von Luftblasen im Enddarm der jungen Heringslarven, die das bisherige Massensterben bei den Aufzuchtversuchen bedingten . . . . . 369
D. Besprechung und Zusammenfassung der Ergebnisse . . . . . 370
Schriftenverzeichnis . . . . . 372

## A. Einleitung.

Wie bereits in dem Bericht von Dr. Kotthaus (1939) ausgeführt worden ist, war es bisher nicht gelungen, eine größere Anzahl von Heringslarven über das kritische Stadium, die Aufzehrung des Dottersackes, hinaus zu halten und zum Wachstum zu bringen. Meine Aufgabe bestand darin, durch weitere Versuche zunächst die für alle weiteren Versuche grundlegende Technik auszuarbeiten.[1])

Das eigentliche Ziel der Zuchtversuche, festzustellen, inwieweit veränderte Umweltsbedingungen während der Entwicklung auf die Wirbelzahlen der jungen Heringe einwirken, (vergl. Kotthaus 1939, S. 349 u. 350) wird in vorliegender Arbeit nicht berührt. Es handelt sich lediglich um das schwierige Problem, erst einmal herauszubekommen, auf welche Weise es überhaupt möglich ist, aus der künstlichen Befruchtung erhaltene Heringslarven über das „kritische" Larvenstadium hinaus zum Wachstum zu bringen und sie bis zu der Größe heranzuzüchten, bei der es möglich ist, die Wirbel einwandfrei zu zählen.

## B. Die künstliche Befruchtung und Hälterung der befruchteten Eier bis zum Schlüpfen der Larven.

### I. Die künstliche Befruchtung in Emden im Frühjahr 1937.

Es wurde zur Zucht, wie in den beiden Vorjahren, der Laich des frühjahrslaichenden Emsherings benutzt, der unterhalb Emden in Stellnetzen gefangen wurde.

Die künstliche Befruchtung wurde am 17. April vorgenommen. Um von vornherein einer Pilzinfektion der Eier während der Erbrütung und einer Uebertragung der-

1) Ich durfte mich dabei der Beratung seitens des Abteilungsleiters für Seefischerei, Dr. Bückmann und des Kustos für Zoologie, Dr. Hertling erfreuen. Dr. Bückmann führt die Mielck'schen Untersuchungen über die Heringsbrut weiter und Dr. Hertling hat die Aufzucht von Meeresfischen im Abderhalden'schen Werk der biologischen Arbeitsmethoden bearbeitet, sodaß ich mir in manchen Fällen guten Rat holen konnte.

selben auf die schlüpfenden Larven, wie sie KUPFFER (1875) beschreibt, vorzubeugen, wurden 8 Demijohns (25 Liter fassend) mit durch Berkefeldfilter entkeimtem Nordseewasser von Helgoland mitgebracht. Bei den Stellnetzen wurden 12 Brutgläser (3 Liter fassend) zu etwa $^3/_4$ mit diesem entkeimten Wasser gefüllt und in jedes Glas etwa $^1/_3$ (ca. 4 gr) einer im Handel befindlichen Packung sterilisierter Glaswolle (sog. Engelshaar) gegeben. Die laichreifen Weibchen wurden in sterilem Seewasser gereinigt und ihre Eier an der Luft auf die mit entkeimtem Seewasser befeuchtete Glaswolle abgestreift, wobei die Wolle freihängend gedreht wurde, damit die Eier, die sofort an der Wolle festklebten, möglichst nicht zu dicht auf der Oberfläche der Glaswolle aufeinander lagerten. Durch Umrühren mit einem Glasstab wurde eine gleichmäßige Verteilung des Spermas im Wasser erzielt. 20—25 Minuten nach dem Befruchtungsvorgang wurde die Glaswolle mit dem daran befindlichen künstlich befruchteten Laich aus dem spermahaltigen Wssser zweimal hintereinander in frisches (ebenfalls entkeimtes) Seewasser von Helgoland umgesetzt. Auf der Rückfahrt nach Helgoland standen die Brutgläser offen unter der Back des Dienstfahrzeuges in Aquarien, von fließendem Wasser umspült. Zur Zeit der Befruchtung hatte das Wasser an den Stellnetzen eine Temperatur von 10,5° C.

| Zeit | Temperatur ° C. | Bemerkungen |
|---|---|---|
| Während der Befruchtung | 11,8° | 20 Minuten nach Befruchtung 3 maliger Wasserwechsel |
| 2 Stunden nach der Befruchtung | 9,5° | Wasserwechsel |
| 4 Stunden nach der Befruchtung | 10,3° | Wasserwechsel |
| 6 Stunden nach der Befruchtung | 9,9° | Wasserwechsel |
| 8 Stunden nach der Befruchtung | 9,85° | Wasserwechsel |

## II. Erbrütung der künstlich befruchteten Heringseier.

In dem für die Austernzucht bestimmten Versuchsraum des Hafenlaboratoriums (vergl. HAGMEIER u. ERDMANN, 1933), einem durch weiße Zuggardinen abblendbaren gewächshausartigen Bau mit einem nach Südwesten geneigten Uviolglasdach, wurden 5 sterile, mit entkeimtem helgoländer Seewasser gefüllte Akkumulatorengläser (20 Liter fassend) in einem Steinzeugbecken mit durchfließendem Wasser hintereinander aufgestellt. Auf diese Weise wurde im keimfreien Brutwasser eine dem Wasser im Freien entsprechende und relativ konstante Temperatur erreicht. Die Glaswolle mit dem daran befindlichen Laich wurde, nachdem das Wasser in den Brutgläsern inbezug auf Temperatur dem Wasser in den größeren Brutgefäßen (Akkumulatorengläser) angepaßt war, in diese umgesetzt und an gläsernen Schwimmkugeln aufgehängt.

In der 1. Versuchsanordnung wurden 3 Akkumulatorengläser durchlüftet, in der 2. Versuchsanordnung wurde der Laich in den beiden restlichen Akkumulatorengläsern in stehendem Wasser ohne Durchlüftung erbrütet.

Bei beiden Versuchsanordnungen wurde innerhalb 48 Stunden ein großer Sauerstoffverbrauch festgestellt. Die normale $O_2$-Sättigung ging in den durchlüfteten Akkugläsern bis auf 55,8 %, in den nichtdurchlüfteten auf 50 % zurück. Um die normale $O_2$-Sättigung wieder zu erreichen, wurde aus hochgestellten Demijohns mittels Heber das entkeimte Wasser jeden zweiten Tag erneuert. Die Erbrütungstemperatur betrug während der Inkubationszeit im Durchschnitt 10,5° C.

Die Inkubationszeit dauerte wie bei den Versuchen von KOTTHAUS (1936) 9—10 Tage.

Die Embryonalentwicklung in den künstlich befruchteten Eiern des im Frühjahr laichenden Emsherings verlief bis zum 7. Tage nach der Befruchtung nach meinen Beobachtungen zeitlich analog der Embryonalentwicklung, wie sie C. KUPFFER (1876) an Eiern des im Juni laichenden Herings der Ostsee feststellte. Zwei Stunden nach der Befruchtung begann die Furchung. Am Vormittag des 1. Tages lag eine dicke Keimhaut über dem Dotter, die sich nachmittags in der Mitte verjüngte. Am zweiten Tag betrug der Bogen, den der Embryo einnahm 180—200°; am dritten Tag 340° und man konnte in diesem Entwicklungsstadium schon deutlich die Anlage des Herzens erkennen. Am vierten Tag wurden die ersten Zuckungen und Herzschläge beobachtet. Am fünften Tag setzte die Pigmentierung der Augen ein; der Schwanz wuchs frei hervor und die Schwanzspitze berührte zum Teil den Kopf, zum Teil legte sie sich schon seitlich an denselben an. Am 6. und 7. Tag wurde die Bewegung des Embryos immer lebhafter und der Laich nahm

eine gelbe Färbung an. Der schwach gelblich verfärbte Laich wurde jetzt zum Teil in das 2,5 m³ Wasser fassende, durchlüftete Zuchtbecken I, das bereits mit phytoplanktonhaltigem Wasser stark durchströmt wurde, umgesetzt. Am 9. und 10. Tage nach der Befruchtung schlüpften 90 % der Larven, etwa 3—4000 Stück (Versuch Nr. 1).

Der Versuch ergab, daß keine Störung in der Embryonalentwicklung erfolgt, wenn die künstliche Befruchtung in nahezu zweimal salzreicherem Wasser[1]) im Vergleich zum Küstenwasser, in welchem die natürliche Befruchtung erfolgt (vergl. Tabelle 1), durchgeführt wird, und wenn die befruchteten Eier unmittelbar nach der Befruchtung in zweimal salzreicherem Wasser gehältert werden.

Tabelle 1.

Veränderungen des Salzgehaltes der Nordsee auf der Fahrt von Helgoland nach Emden am 16. April 1937.

| Station | Position | Zeit | Temp. C° | Salzgehalt ‰ | Tide |
|---|---|---|---|---|---|
| 6½ Sm SW z. W Helgoland | 54° 6,7′ u. 7° 45,5′ | $7^{15}$ | 5,4 | 32,86 | N. W. $9^{51}$ |
| | 54° 4,4′ u. 7° 38,0′ | $7^{49}$ | 5,5 | 32,90 | |
| | 54° 1,1′ u. 7° 27,5′ | $8^{25}$ | 5,6 | 32,50 | |
| | 53° 59,4′ u. 7° 23,2′ | $8^{43}$ | 5,6 | 32,66 | |
| Norderney Feuerschiff | 53° 56,9′ u. 7° 15,5′ | $9^{08}$ | 5,9 | 31,96 | N. W. $9^{51}$ |
| | 53° 54,8′ u. 7° 8,0′ | $9^{32}$ | 6,0 | 31,82 | |
| | 53° 52,4′ u. 7° 0,3′ | $10^{04}$ | 6,1 | 31,74 | |
| | 53° 50,0′ u. 6° 52,5′ | $10^{30}$ | 6,2 | 31,53 | |
| | 53° 47,8′ u. 6° 45,0′ | $11^{00}$ | 6,5 | 31,18 | |
| | 53° 45,4′ u. 6° 37,4′ | $11^{28}$ | 6,9 | 30,84 | |
| Osterems | 53° 43,5′ u. 6° 37,4′ | $11^{55}$ | 7,2 | 30,46 | |
| R 1 | 53° 39,4′ u. 6° 30,2′ | $12^{55}$ | 7,0 | 31,42 | N. W. $9^{00}$ |
| WF Blktn. | 53° 35,2′ u. 6° 35,5′ | $13^{00}$ | 7,7 | 29,85 | |
| Fischerbalje Blktn. | 53° 33,1′ u. 6° 42,4′ | $13^{30}$ | 8,3 | 26,73 | N. W. $8^{49}$ |
| Möwensteert S Blktn. | 53° 29,5′ u. 6° 49,5′ | $13^{55}$ | 8,5 | 25,18 | |
| Hund Blktn. | 53° 26,2′ u. 6° 56,4′ | $14^{25}$ | 8,6 | 22,72 | |
| G 3 Blktn. | 53° 21,8′ u. 6° 59,0′ | $14^{50}$ | 9,2 | 17,14 | H. W. $16^{22}$ |

Der übrige Teil des bis dahin in keimfreiem Wasser bebrüteten Laichs wurde zu weiteren Versuchen auf ein kleineres, einfach durchlüftetes Zuchtbecken (II) aus säurefestem Steinzeugmaterial und auf sogenannte „Tonrohre“ aus dem gleichen säurefesten Material verteilt und mit der Glaswolle an gläsernen Schwimmkugeln aufgehängt. Diese Zuchtbehälter waren ebenfalls in dem gewächshausartigen Versuchsraum aufgestellt und wurden mit phytoplanktonhaltigem Wasser gespeist. Am 10. Tage nach der Befruchtung schlüpften in Zuchtbecken II etwa 200 Larven (Versuch Nr. 2) und in jedem Tonrohr etwa 1000 Larven (Versuch Nr. 3 u. 4).

In einem fünften Versuch wurden 4 Vollglasaquarien (je 60 Liter fassend) im Sortierraum des Hafenlaboratoriums in einem Flachbecken mit fließendem Wasser aufgestellt. Die einzelnen Aquarien standen durch Ueberläufe miteinander in Verbindung und wurden mit fließendem Wasser versorgt. Der Laich wurde von Beginn des Befruchtungstages an in diesen Glasaquarien gehältert. Die Erbrütungstemperatur betrug im Durchschnitt 9,4° C. Die Durchströmung des Wassers war genügend stark, sodaß von einer Durchlüftung abgesehen werden konnte. Das Licht im Sortierraum fiel durch ein Fenster an der Westseite. Von den Eiern blieben 80 % der Embryonen am 6. und 7. Tage auf jenem Stadium der Entwicklung stehen, bei dem Pigment in der primären Augenblase aufzutreten beginnt. Es schlüpften am 11. Tage nach der Befruchtung nur 20 % der Larven, ungefähr 600 Stück, die auf die 4 Glasaquarien verteilt waren. Fast sämtliche Larven gingen nach wenigen Tagen ein. Der mikroskopische Befund des untersuchten, im Absterben begriffenen Materials hat ergeben, daß sich die erste Gefahrenquelle bereits bei der Erbrütung des Laichs einstellte. Dieser war zum geringeren Teil von einem Pilz befallen und verfilzte, zum größeren Teil war der Laich aber auch von einer hypotrichen Ciliatenart (Stylonychiden) befallen, die die Heringseier zerstörten und auch die bereits geschlüpften Larven angriffen. Während der Inkubationszeit wurden Pilzwucherungen in den Eiern und das üble Auftreten von Ciliaten,

1) 1½ Stunden vor Hochwasser wurde in der Nähe der Stellnetze ein Salzgehalt von 17,14 ‰ festgestellt. Bei Niedrigwasser ist er vermutlich noch bedeutend niedriger.

wie sie auch Kotthaus bei seinen Zuchtversuchen beobachtete, nur bei Versuch Nr. 5 festgestellt. In dem ersten, zweiten und dritten Versuch traten keine Pilze und Ciliaten auf, was wahrscheinlich auf die Verwendung von entkeimtem Seewasser während der Erbrütung des Laichs zurückzuführen ist.

## C. Die Aufzucht der geschlüpften Larven.

Die Behälter, in denen die Larven schlüpften, wurden bei der Aufzucht derselben als Zuchtgefäße benutzt. Die Größenverhältnisse waren folgende:

| Bezeichnung | Bauart | Größe cm | benutzter Wasserstand cm | (Gesamtinhalt) Wassermenge Liter | Durchlüftung |
|---|---|---|---|---|---|
| Zuchtbecken I (Versuch Nr. 1) | gemauert, mit Zement verputzt und ausgekachelt mit säurefesten Steinzeugkacheln [1]) | Länge 288<br>Breite 92<br>Tiefe 120 | 95 | (3168)<br>2500 | durchlüftet |
| Zuchtbecken II [1]) (Versuch Nr. 2) | säurefestes Steinzeugmaterial | Länge 120<br>Breite 60<br>Tiefe 60 | 49 | (430)<br>350 | durchlüftet |
| Tonrohr I [1]) (Versuch Nr. 3) | säurefestes Steinzeugmaterial | Höhe 100<br>Außen ø57<br>Innen ø50 | 98 | (200)<br>192 | durchlüftet |
| Tonrohr II [1]) (Versuch Nr. 4) | säurefestes Steinzeugmaterial | Höhe 100<br>Außen ø57<br>Innen ø50 | 98 | (200)<br>192 | nicht durchlüftet |

### I. Versuche.

Beim Versuch Nr. 1 wurde bei der technischen Einrichtung des Zuchtbeckens von vornherein in erhöhtem Maße auf die Lebensgewohnheiten der jungen Larven und Jungheringe Rücksicht genommen und ihnen genügend Raum unter verschiedenen Beleuchtungsverhältnissen geboten. Dem Zuchtbecken I war auf der Längsseite ein 0,5 m³ Wasser fassendes, sogen. Nährbecken, angebaut (Abb. 2). Beide Becken waren durch Ueberläufe miteinander verbunden. Die Zuleitung des unten beschriebenen Futterwassers vom Nährbecken in das Zuchtbecken erfolgte durch ein an das Verbindungsrohr VR angeschlossenes, beiderseits offenes T-Rohrstück. Hierdurch konnte die etwa mitgerissene Luft nach oben entweichen. Das vom Nährbecken ins Zuchtbecken zufließende Wasser, welches die Futterorganismen enthielt, wurde durch ein Glasrohr zum Boden des Zuchtbeckens geleitet. Diese Vorrichtung sollte eine mechanische Schädigung der Heringslarven durch den auffallenden Wasserstrahl und durch die aufsteigenden Luftbiasen verhindern. Die Zuleitung des filtrierten Wassers aus den Hochbehältern, mit dem das Zuchtbecken durchströmt wurde, erfolgte aus obigem Grunde ebenfalls durch ein schräg zum Grunde des Zuchtbeckens geführtes Glasrohr ZR. Sie wurde so reguliert, daß nur geringe Mengen (20 l/Stunde) sog. Frischwasser durch das Zuchtbecken strömten. Den 3 Wasserableitungsrohren, die ungefähr 15 cm unterhalb des Zuchtbeckenrandes in die linke Beckenmauer eingebaut sind, waren Filterbecher FB (Gaze 20) vorgesteckt. Die Ableitungsrohre mündeten in ein gemeinsames Ablaufrohr AR. Das Wasser im Zuchtbecken wurde in der üblichen Weise durchlüftet. Die Glasröhren, durch die die Druckluft geschickt wurde, waren mit ihren freien Enden in feinporige Kunststeinstückchen gesteckt, durch welche die Luft in feinen Perlen entweichen konnte. $^1/_8$ der Oberfläche des Zuchtbeckens war während der Versuchsdurchführung mit einer Holztafel zugedeckt. Die Zuggardinen unter dem Uviolglasdach waren über dem Zuchtbecken so zugezogen, daß nur ein schmaler Streifen direktes Sonnenlicht auf die Wasseroberfläche fiel. Die Wände des Zuchtbeckens waren stark mit *Enteromorpha* spec. bewachsen. Das Nährbecken wurde von Zeit zu Zeit mit durch Gaze „20" filtriertem Seewasser gefüllt und letzteres der intensiven Sonnenbestrahlung ausgesetzt. Es trat eine sehr starke Phytoplanktonentwicklung ein. Mit diesem vorbereiteten sog. Futter-

1) Bezogen von der Deutschen Steinzeugwarenfabrik, Friedrichsfeld (Baden).

wasser, dem sehr viele Copepoden zugesetzt worden waren, wurde das Zuchtbecken zeitweise gespeist.

Am 28. April schlüpften im Zuchtbecken I fast sämtliche Larven, etwa 3—4000 Stück. Am 29. April wurden bereits sehr viele tote Larven vorgefunden und näher untersucht. Es wurde festgestellt, daß die meisten Larven Stichverletzungen aufwiesen. Bei 15% der untersuchten Tiere waren die Augen zum Teil sehr beschädigt. Dies ist darauf zurückzuführen, daß sich die Larven beim Schlüpfen in der Glaswolle verfingen und sich bei den Befreiungsversuchen verletzten. Es gelang zwar, viele Larven durch Schütteln aus der Glaswolle zu befreien; diese waren aber derart entkräftet, daß sie bald eingingen. Das Massensterben der Larven nach dem Schlüpfen war also zu einem Teil rein mechanisch bedingt, infolge Verwendung leichtbrechender Glaswolle als Anheftungsmaterial für die klebrigen Heringseier. Am 30. April wurde eine weitere Ursache für das Absterben der Tierchen festgestellt. Sehr viele Larven, die in unmittelbarer Nähe der Filterbecher vorüberschwammen, wurden durch den stetigen Sog des durch die Wasserableitungsrohre abziehenden Wassers gegen die Gazefilter gedrückt und gingen sofort ein. Daraufhin wurden am 3. Mai die Zuchtversuche in stehendem Wasser durchgeführt, wobei das Wasser jeden 3. bis 4. Tage zur Hälfte erneuert wurde. Hierbei wurden mehrere, 12 mm starke Glasheber bis auf den Grund des Zuchtbeckens, wo sich keine Larven aufhielten, geführt, und das Bodenwasser wuree rasch abgehebert. Frischwasser aus den Hochbehältern wurde dann langsam zum Grunde des Zuchtbeckens zugeleitet.

Am 6. und 7. Tage nach dem Schlüpfen konstatierte ich im Darm sehr vieler Larven Luftbläschen. Im Gegensatz zu KOTTHAUS (1939, S. 353 u. 357) bin ich der Ansicht, daß die Larven feine Luftbläschen verschluckten, die von der direkten Durchlüftung des Wassers herrührten. Die Luft setzte sich im Enddarm der Tierchen fest und die Larven schwammen, mit der Schwanzspitze nach oben gerichtet, an der Wasseroberfläche — eine Erscheinung — deren Ursache bisher dazu beigetragen hatte, die Versuche in den Vorjahren zum Scheitern zu bringen. Zunächst wurde versucht, die Larven mit Luftblasen in kälteres Wasser umzusetzen. Die Luftblasen verschwanden zwar aus dem Darm, aber die Tiere gingen trotzdem ein. Der Versuch wurde daraufhin im Zuchtbecken I zu Ende geführt. Es wurde jetzt Vorsorge getroffen, daß bei der Durchlüftung des Kulturwassers vom Grunde des Zuchtbehälters keine Luftbläschen mehr aufstiegen, die Wasserteilchen in der Tiefe aber trotzdem mit Luft in Berührung kamen. An Stelle der direkten Durchlüftung des Kulturmediums mußte eine indirekte treten, damit die Larven die aufsteigenden Luftbläschen nicht mehr verschlucken konnten. Das geschah durch den Einbau einer Zirkulationsvorrichtung (Abb. 1) nach dem Prinzip der Mammutpumpe (vergl. HAGMEIER (1930) S. 515), kombiniert mit einem porösen Quarzhohlzylinder. Die Zirkulationspumpe war an der östlichen Schmalseite des Zuchtbeckens eingebaut und reichte bis zu dessen Grund. Verwendet wurde eine 300 mm lange Filterkerze[1]) (Gurocel por. mag.) mit einem Außendurchmesser von 90 mm und einer Bohrung von 60 mm ∅. Die Bodenstärke betrug 20 mm. Dünnschliffe dieses Kunststeins ließen eine durchschnittliche Porengröße von 30—40 $\mu$ erkennen. Die filtrierende Oberfläche betrug 957 cm². Die Zirkulationspumpe war durch einen Gummischlauch, der über das Luftzuleitungsrohr LZ geschoben war, an einen kleinen automatisch betriebenen Kompressor angeschlossen. Durch den erzeugten Luftstrom aus dem Rohr LZ wurden die Wasserteilchen vom Grunde des Zuchtbeckens durch die poröse Filterkerze FK hindurch angesaugt und durch das beiderseits offene Steigrohr StR nach oben gerissen und über der Wasseroberfläche des Zuchtbeckens wieder ausgespritzt. Auf diese Weise erfolgte eine indirekte kräftige Durchlüftung des Grundwassers. Die Pumpe arbeitete mit 0,2—0,3 Atm. Druck und hatte eine durchschnittliche Stundenleistung von 60 Liter Wasserförderung in dem 2,5 m³ Wasser fassenden Zuchtbecken.

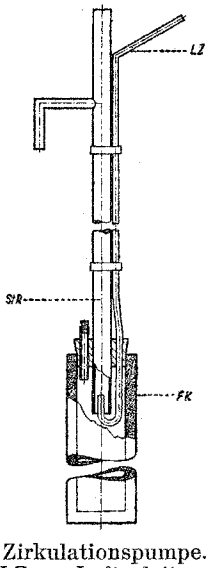



Abb. 1. Zirkulationspumpe.
LZ = Luftzuleitungsrohr;
StR = Steigrohr;
FK = Filterkerze.

Die Zirkulationspumpe ZV wurde in dem östlichen, abgedunkelten Teil des Zuchtbeckens eingebaut (Abb. 2).

1) „Hansa Filter", bezogen von Hansa-Filterwerke in Haiger (Dillkreis).

Da die jungen Larven positiv phototaktisch sind, hielten sie sich nur in den oberen Wasserschichten an der beleuchteten Seite des Zuchtbeckens auf, wurden also nicht durch den Sog an die Filterkerze der am Grunde des Zuchtbeckens befindlichen Zirkulationspumpe gedrückt. Dieses Zirkulationssystem erwies sich für die Aufzucht von Heringslarven im „kritischen" Stadium und darüber hinaus, zweckentsprechend eingebaut, als brauchbar und verhinderte weitere Verluste, die durch Verschlucken von Luftblasen bedingt waren.

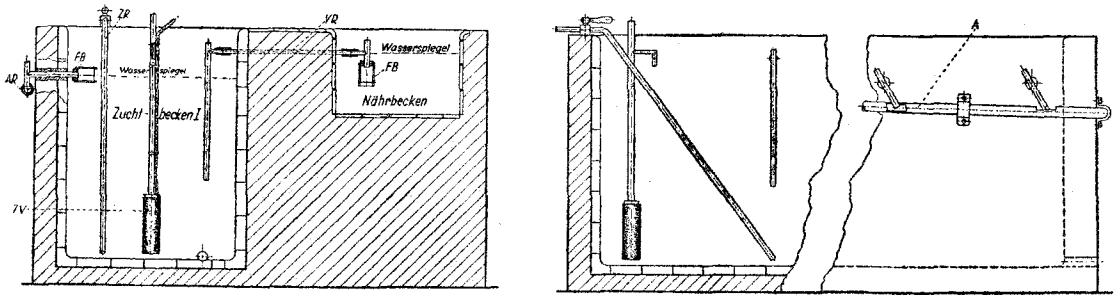



Abb. 2. Technische Einrichtung von Zuchtbecken I (links Querschnitt durch das Zuchtbecken, rechts Längsschnitt). A und AR = Ablaufrohr; FB = Filterbecher; VR = Verbindungsrohr; ZR = Zuleitungsrohr; ZV = Zirkulationsvorrichtung.

Versuchsergebnis: Die schlüpfenden Larven hatten eine Größe von 5,5 mm. Bis zum 7. Tage nach dem Schlüpfen traten große Verluste ein, die zu einem Teil rein mechanisch bedingt waren, teils infolge Verwendung leicht brechender Glaswolle als Anheftungsmaterial für die klebrigen Heringseier während der Erbrütung, teils durch direkte Durchlüftung des Zuchtbeckens, oder auch durch den entstandenen Sog an den Filterbechern während der Aufzucht der jungen Larven. In den beiden letzten Fällen ließ sich durch rechtzeitige und zweckmäßige Abänderung der technischen Einrichtungen des Zuchtbeckens ein weiterer mechanisch bedingter Verlust vermeiden. Am 18. Tage nach dem Schlüpfen hatten sie eine durchschnittliche Größe von 12 mm erreicht; die maximale Größe betrug 15 mm. Am 22. Tag waren sie im Durchschnitt 14—15 mm groß, einige hatten sogar die Größe von 18—20 mm erreicht. Ab dieser Zeit wurde das Zuchtbecken wieder mit unverbrauchtem Seewasser aus den Hochbehältern dauernd durchströmt. Die Larven hatten bis dahin die Größe erreicht, um mit eigener Kraft den an den Filterbechern der Ableitungsrohre entstandenen Sog zu überwinden.

Am 35. Tag nach dem Schlüpfen war das Größenmaximum 2,7 cm, die Durchschnittsgröße 2 cm. Am 42. Tag waren die Larven im Durchschnitt 3,5 cm groß. Am 45. und 46. Tag bekamen die Larven einen Silberglanz und werden in der Folge in vorliegender Arbeit als „Jungheringe" bezeichnet. Die Jungheringe hatten bis dahin eine Durchschnittsgröße von 4—4,5 cm erreicht[1]). Am 56. Tag nach dem Schlüpfen wurde der Zuchtversuch im Zuchtbecken I abgeschlossen. Die Gesamtzahl der noch lebenden Tiere betrug 150, das sind etwa 7 % der ursprünglich geschlüpften und unversehrt gebliebenen Larven.

Die Jungheringe bildeten der Größe nach geordnet drei getrennte Gruppen und beschrieben im angedunkelten Teil des Zuchtbeckens (außerhalb der Fütterungszeit) eine elliptische Schwimmbahn. Hierbei wurden folgende Größenordnungen geschätzt:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 8 | Jungheringe | 5—6 cm | = 5,4 % |
| 20 | „ | 4—5 „ | = 13,3 % |
| 122 | „ | 2—4 „ | = 81,3 % |

Mikroskopische Beobachtungen an entsprechend vorbereiteten Totalpräparaten haben ergeben, daß am 24. Tag nach dem Schlüpfen bei den rasch gewachsenen 3—3,5 cm großen Tieren die Wirbel soweit verknöchert waren, daß sie gezählt werden konnten. Bei langsamer gewachsenen, 2 cm großen Tieren, war die Wirbelzählung erst am 56. Tage ohne Schwierigkeit möglich.

Versuch Nr. 2 wurde mit 200 geschlüpften Larven im Zuchtbecken II mit einfacher Durchlüftung in stagnierendem Wasser angesetzt. Am 7. Tag nach dem Schlüpfen

1) Dieses Ergebnis stimmt mit den Beobachtungen in der freien Natur von E. EHRENBAUM überein. Nach EHRENBAUM erreicht das Uebergangsstadium des Frühjahrsherings seinen Abschluß mit der völligen Entwicklung des silbernen Schuppenkleides. Das Uebergangsstadium fällt in der Natur auf die Größen von 31—44 mm.

wiesen sämtliche Larven im Enddarm Luftbläschen auf. Die Larven verhielten sich wie Larven mit Luftbläschen von Versuch Nr. 1. — Sie trieben ebenfalls mit der Schwanzspitze nach oben gerichtet an der Wasseroberfläche. Den nachträglichen Einbau einer Zirkulationspumpe zur Verhütung weiterer Verluste hielt ich für zwecklos, da bereits sämtliche Larven Luftbläschen aufgenommen hatten. Am 8. Tage wurde der Versuch abgebrochen.

Versuche Nr. 3 und 4 in den Tonrohren I und II wurden als Parallelversuche zu den Versuchen Nr. 1 und Nr. 2 unter abgeänderten Außenbedingungen durchgeführt. Die örtliche Aufstellung der Tonzylinder war die gleiche geblieben wie bei der Erbrütung des Laichs. Die technische Einrichtung der Zuchtbehälter war hingegen eine andere (Abb. 3). Das Frischwasser aus den Hochbehältern rieselte bei der Wassererneuerung, gleichmäßig verteilt, aus einer Hohlkehle des oberen Tonrohrrandes an den Innenwänden der Zuchtbehälter herab. Das Bodenwasser wurde mittels Heber H, der bis zum Boden des Zuchtbehälters reichte, durch einen außerhalb des Zuchtgefäßes angebrachten Gazefilter GF, der bis zur Hälfte unter Wasser stand und ein Entweichen etwa mitgerissener Larven verhindern sollte, abgeleitet. Durch den oberen Abflußstutzen des Tonrohres war ein drehbares Entölungsrohr ÖR, zum Entölen der Wasseroberfläche, auf der zuweilen außer der üblichen Kahmhaut (aus Pilzen und Bakterien bestehend) noch eine Oelschicht auftrat, die offenbar von abgestorbenen Zooplanktonten herrührte, eingebaut. Vom 5. Tag ab nach dem Schlüpfen wurden die Larven in zeitweise stagnierendem Wasser gehältert. Der Wasserwechsel erfolgte in der Zeit vom 5.—12. Tag dreimal. Nach dem 12. Tag erfolgte ein täglicher Wasserwechsel bis zum 20. Tage. Vom 20. Tage ab nach dem Schlüpfen wurden die Tonrohre Tag und Nacht mit frischem Seewasser durchströmt.

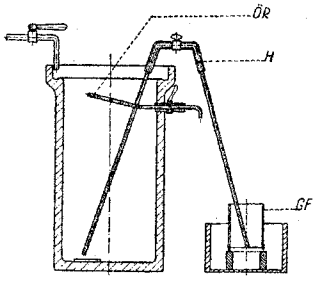



Abb. 3. Technische Einrichtung der Tonrohre.
H = Heber;
GF = Gazefilter;
ÖR = Entölungsrohr.

Die abgeänderten Außenbedingungen gegenüber denen von Versuch Nr. 1 und Nr. 2 waren folgende:

Kleinerer Raum, verringerte Lichtintensität, geringerer Algenbewuchs der Wände der Zuchtbehälter, keine Durchlüftung in Tonrohr II und relativ niedriger pH-Wert. Die Temperaturverhältnisse waren die gleichen wie bei den Versuchen Nr. 1 und Nr. 2, ebenso die Futterverhältnisse.

Versuchsergebnis: Beim Versuch Nr. 3 wurden zu Anfang eine Anzahl Larven mit Luftbläschen im Enddarm konstatiert. Diese Larven gingen bald darauf ein. In beiden Zuchtbehältern blieben die überlebenden Jungheringe bezüglich ihrer Körperlänge weit hinter den gleichaltrigen Tieren in Versuch Nr. 1 zurück. Die maximale Größe betrug 2 cm am 56. Tag nach dem Schlüpfen; die Durchschnittsgröße war 1 cm. Die Größenordnung von 2—6 cm fehlte vollkommen. Die mikroskopischen Untersuchungen des gefärbten Materials haben ergeben, daß bei 1,8 cm großen Tieren die Wirbel soweit verknöchert waren, daß sie deutlich sichtbar und gezählt werden konnten. Bei 1,5—1,8 cm großen Larven waren die Wirbel ebenfalls verknöchert, aber nur undeutlich zu erkennen. Am 56. Tage nach dem Schlüpfen waren in den Tonrohren I und II Larven vorhanden, die bis dahin eine Größe von nur 8—10 mm erreicht hatten. Die Gesamtzahl der gezüchteten Larven in beiden Tonrohren betrug 52.

Es war sehr schwer, die Larven unmittelbar nach Resorption ihres Dotters im Aquarium weiterzuzüchten. Ihr „kritisches Stadium" beginnt nämlich mit der vollständigen Resorption ihres Dotters und endet in dem Zeitpunkt, bei dem sie soweit differenziert sind, daß sie das Maul schließen und tierische Nahrung aufnehmen können. Die Aufzucht der Larven war nur bei ständiger Ueberwachung der Versuche durch wissenschaftliche Beobachtungen möglich.

Auf Grund meiner Erfahrungen sollen hier die wichtigsten Ueberwachungsarbeiten aufgezählt werden.

## II. Die Ueberwachung und Pflege der Heringslarven und Jungheringe.

Nach dem diesjährigen Stand unserer Zuchtversuche ist eine ständige Ueberwachung der Versuche durch wissenschaftliche Beobachtungen dringend notwendig. Nur bei rechtzeitiger Entdeckung eines Mißstandes kann eingegriffen und größerer Schaden verhütet werden.

Bei der Versuchsanordnung wurde auch dem Licht- und dem Raumfaktor Rechnung getragen, wobei die Versuche in verschieden großen Zuchtbehältern und unter verschiedener Beleuchtungsstärke durchgeführt wurden. In den Kreis der Untersuchungen wurden Temperaturmessungen, Wasserstoffionenkonzentrationsbestimmungen, so wie Bestimmungen des Gehaltes an Sauerstoff, Phosphat, Nitrit, organischer Substanz und Salzgehaltsbestimmungen einbezogen.

Zu Beginn wurden die Versuche zunächst mit fließendem Wasser durchgeführt. Bald erkannte man, daß die Aufzucht der noch nicht mindestens 18 bis 22 mm großen Larven infolge ihrer zarten Beschaffenheit in stagnierendem Wasser erfolgreicher ist. Vom 5. Tage an nach dem Schlüpfen wurden daher die Versuche mit wöchentlich zweimaligem, vom 12. Tage an mit täglichem Wasserwechsel und teilweise indirekter Dnrchlüftung durchgeführt. Beim Wasserwechsel wurde, je nach den Ergebnissen der physikalisch-chemischen und biologischen Wasseruntersuchungen, der Wasserspiegel im Zuchtbecken I oft nur um 30 bis 40 cm, in den Tonrohren um 50 cm gesenkt und durch Zulauf unverbrauchten Seewassers aus den verschiedenen, oben beschriebenen, Vorratsbehältern wieder auf die ursprüngliche Höhe gebracht.

### Lichtverhältnisse.

Das 2,5 cbm Wasser fassende Zuchtbecken war in der Mitte des gewächshausartigen Baues aufgestellt. Ein Drittel der Wasseroberfläche wurde mit einer Holztafel zugedeckt, um den Einfluß von Licht und Schatten auf die Lebensgewohnheiten der Larven und Jungheringe festzustellen. Die Gardinen unter dem Uviolglasdach wurden so zugezogen, daß nur durch einen schmalen Spalt direktes Sonnenlicht in das Becken fiel. Es konnte beobachtet werden, daß sich die kleinsten Larven mit Vorliebe im Bereich des einfallenden Sonnenlichtes, nahe der Wasseroberfläche aufhielten. Die größeren Larven und Jungheringe suchten die tieferen Wasserschichten im abgedunkelten Teil des Zuchtbeckens auf.

Die Oeffnungen der Tonrohre wurden im Abstande von einem Meter, vom oberen Rande des Zuchtbehälters aus gemessen, mit einer dreifachen Nesseltuchlage überspannt und durch herabhängende weiße Gardinen auch vor seitlich einfallendem Sonnenlicht geschützt. Nach 14 Tagen hatte es sich herausgestellt, daß die Tiere in den Tonrohren gegenüber gleichaltrigen Tieren im großen Zuchtbecken in Bezug auf Größe und Pigmentierung bedeutend zurückblieben. Nach Feststellung dieser Tatsache wurde die Nesseltuchbespannung wieder weggenommen. Die Tiere suchten sofort die oberen Wasserschichten wieder auf.

### Temperatur und Salzgehalt.

Ursprünglich war beabsichtigt, die Larven und Jungheringe bei konstanter Wassertemperatur zu züchten. Dies war aber durch den im Frühjahr eintretenden natürlichen Temperaturanstieg nicht möglich. Durch zeitweiligen Durchzug im Versuchsraum und durch Regulierung des Wasserzuflusses direkt von der See oder von einem Hochbehälter, der im Freien aufgestellt war, oder aus einer Seewasserzisterne, wurde versucht, die fortschreitende, natürliche Temperaturerhöhung etappenweise relativ konstant zu halten. Die Versuche wurden in den ersten 12 Tagen nach dem Schlüpfen bei einer durchschnittlichen Wassertemperatur von 12,5° C durchgeführt. In den folgenden 18 Tagen betrug die Durchschnittstemperatur 15° C. Vom 30.—40. Tage nach dem Schlüpfen wurden die Larven bei einer durchschnittlichen Temperatur von 18° C gehältert. Vom 46.—56. Tag betrug die Temperatur im Durchschnitt 22° C. Während der letzten Etappe kamen oft tägliche Schwankungen von 4° C vor, ohne die Jungheringe zu schädigen. Die höchste Temperatur betrug in dieser Zeit an 4 aufeinander folgenden Tagen 24—25,5° C. Ein schädigender Einfluß dieser hohen Temperatur wurde nicht festgestellt.

Um den maximalen Salzgehalt festzustellen, den die im Laboratorium gezüchteten Heringslarven noch ertragen, wurde in einem Nebenversuch ein oben beschriebenes Tonrohr 3 Wochen vor Zuchtbeginn mit Seewasser gefüllt und offen im Versuchsraum aufgestellt. Der hohe Salzgehalt am Schlusse des Versuches wurde durch natürliche Verdunstung des Wassers erzielt. In diesen Behälter wurde später täglich grobes, durch Gaze 3 gesiebtes Plankton gegossen. Das Plankton war sehr reich an eiertragenden Copepoden, sodaß nach einiger Zeit das Wasser sehr viele Nauplien enthielt. In dieses, an Futterorganismen reiche Wasser wurden Heringslarven nach Ueberwindung des kritischen Stadiums eingesetzt. Bei einem Salzgehalt von 35,5—35,75 ‰ lebten die Larven 10 Tage und nahmen während dieser Zeit Nahrung auf. Bei einem Salzgehalt von 36 ‰ gingen

die Larven alle ein. Die Temperatur betrug im Durchschnitt 18—20° C. Die Sauerstoffsättigung und der pH-Wert waren normal.

#### Wasserstoffionenkonzentration und Sauerstoffsättigung.

Die Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration, welche nach der Methode von Mc. CLENDON ausgeführt wurde, gab bei starken Änderungen im Seewasser Hinweise, daß irgend ein Mißstand eingetreten war. Die Lage der pH-Werte im weniger alkalischen Gebiet[1]) in den Tonrohren 1 und 2 (pH = 7,80—8,00) bedeutet, daß die allmähliche Oxydation der organischen Stoffwechselprodukte im Zusammenhang mit der Atmung der Larvenbevölkerung im relativ engen Raume den Gehalt an Kohlensäure so stark erhöhte, daß die Reaktion des Wassers mehr gegen den neutralen Punkt hin verschoben wurde. Eine Verringerung des Sauerstoffs und Vermehrung der Kohlensäure wurde außerdem noch durch die verminderte Assimilation des Algenbewuchses, einer schmalblättrigen *Enteromorpha* spec. der Tonrohre 1 und 2 infolge der Abdunkelung der Zuchtgefäße bedingt. Bei Zuchtbecken I lagen die pH-Werte im Durchschnitt bei 8,30—8,35.

Phosphat- und Nitritgehalt.[2]) Es ist selbstverständlich, daß in stagnierendem Wasser in einem verhältnismäßig kleinen Raume der Abbau abgestorbener Phytoplanktonten, ferner die Zersetzung tierischer Zerfalls- und Abbauprodukte und der damit verbundene Phosphatzyklus stärker in Erscheinung tritt als im fließenden Wasser. Dies zeigte der tagsüber ansteigende Phosphat- und Nitritgehalt[2]) im Seewasser der Zuchtbecken. Aus diesem Grunde wurde das Wasser allabendlich vom 12. Tage ab nach dem Schlüpfen der Larven vom Boden der Zuchtbecken abgeleitet und von oben her durch frisches ersetzt.

Zum Vergleich der physikalisch-chemischen Beschaffenheit des Kulturwassers vor und nach der Wassererneuerung, sind die Daten einer Wasseruntersuchung am 6. VI. in Tabelle 2 und 3 eingetragen.

Tabelle 2.

Hydrographische Daten vor Wassererneuerung am 6. Juni 1937.

| Behälter | Temperatur | S ‰ | $O_2$ = Sättigung % | pH | Org. Substanz mg $O_2$/l. | Phosphat mg P/m³ | Nitrit mg N/m³ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zuchtbecken I | 17,45 | 31,22 | 100 | 8,35 | 2,0 | 450 | 15 |
| Tonrohr 1 | 17,35 | 31,56 | 57,5 | 8,05 | 1,96 | 760 | 45 |
| Tonrohr 2 | 17,9 | 32,14 | 54,0 | 7,80 | 1,27 | 710 | 50 |

Tabelle 3.

Hydrographische Daten nach Wassererneuerung am 6. Juni 1937.

| Behälter | Temperatur | S ‰ | $O_2$ = Sättigung % | pH | Org. Substanz mg $O_2$/l. | Phosphat mg P/m³ | Nitrit mg N/m³ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zuchtbecken I | 17,1 | 31,02 | 117 | 8,32 | 1,72 | 153 | 8 |
| Tonrohr 1 | 18,0 | 31,60 | 76,5 | 8,17 | 1,54 | 440 | 15 |
| Tonrohr 2 | 18,5 | 31,71 | 76,2 | 8,15 | 1,00 | 310 | 12 |

## III. Ernährung der Heringslarven.

#### Die Nährorganismen.

Acht Tage vor dem Schlüpfen der Larven wurde das oben beschriebene Futterbecken mit frisch gepumptem Seewasser gefüllt und der intensiven Sonnenbestrahlung ausgesetzt. Es entwickelten sich sehr viele Algenschwärmer, die das Wasser grün färbten.

Am Tage vor dem Schlüpfen wurde dieses vorbereitete Futterwasser in die bisher mit Frischwasser durchströmten Zuchtbecken verteilt. Dem Wasser in den Zuchtbecken wurden Trochophoralarven künstlich befruchteter *Mytilus*-Eier[3]) zugegeben. Kurz vor

1) Die normale Wasserstoffionenkonzentration des Helgoländer Seewassers ist pH = 8,20—8,25.

2) Der Phosphat- und Nitritgehalt wurde mit dem Pulfrich-Photometer bestimmt, nach den Methoden von KALLE, K., Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie 1933, 1934, 1935.

3) HAGMEIER, A.: 1930.

der vollständigen Resorption des Dottersackes der Heringslarven wurde dem Kulturwasser an der beleuchteten Aquariumseite täglich zweimal gemischtes Mikroplankton, das auf der Helgoländer Reede zuerst mit einem Oberflächennetz und später noch mit einem Austernbrutnetz gefischt wurde, nach Filtrierung durch „Gaze 3" zugesetzt.

#### Nahrungsaufnahme.

Die Nahrung der Heringslarven ist nicht schwer nach dem Darminhalt festzustellen, da die Larven vollständig durchsichtig sind. Schon mit bloßem Auge kann man feststellen, ob sie etwas gefressen haben und ob die Nahrung ausreichend ist. Oft ist das letzte Drittel des Körpers weiß gefärbt, was von durchscheinenden Copepoden herrührt. Bei 25 Tage alten Tieren wurde jeweils im Darm eines Tieres bei 25 untersuchten Larven 5—6 Copepoden gezählt. Die jungen Larven suchen sich vorsichtig ihre Beute aus. Haben sie ein Beutetier entdeckt, das Ihnen als Nahrung zusagt, so stellen sie für einen Augenblick ihre Schwimmbewegungen ein und krümmen sich S-förmig. Die vordere Körperhälfte bleibt gerade gestreckt, während die hintere Hälfte rechtwinklig und stark S-förmig abgebogen wird. Das Beutetier wird anvisiert und mit einer ruckartigen Bewegung streckt die Larve ihren Körper gerade, wobei sie pfeilschnell auf ihr Opfer zuschießt und dasselbe schnappt. Für das Auffinden der Nahrung ist bei der Heringslarve m. E. der Gesichtssinn verantwortlich zu machen.

Die junge Heringslarve hält sich bei der Jagd auf lebende Copepoden stets unter dem Beutetier auf, und führt ihre charakteristischen Fangbewegungen schräg zur Wasseroberfläche von unten nach oben aus. Es ist daher sehr zweckmäßig, wenn das Licht direkt von oben in die Zuchtbecken fällt, damit sich das Beutetier besser gegen die Wasseroberfläche abhebt. Bei der Verwendung von Glasaquarien mit einseitiger Beleuchtung hielten sich die Heringslarven infolge ihrer positiven Phototaxis an der beleuchteten Aquariumseite auf und verschmähten die ihnen angebotene Nahrung. Als aufgenommene Nahrung wurden 4 Tage nach vollkommener Resorption des Dottersackes ausschließlich Copepoden im Darm festgestellt. Da der Copepodenpanzer nicht verdaut wird, war es möglich, die Copepoden durch das aufgehellte Tier hindurch im Darm zu bestimmen. Während der Zuchtversuche wurden im Helgoländer Zooplankton folgende Copepoden bestimmt: *Calanus finmarchicus*, *Paracalanus parvus*, *Pseudocalanus elongatus*, *Centropages hamatus*, *Isias clavipes*, *Acartia clausi*, *Temora longicornis*. Ein Vergleich des Darminhaltes mit den Copepoden im Planktonfang, der den Larven als Futter gereicht wurde, ergab, daß eine Vorliebe für kleinere Copepoden herrschte. In der Mehrzahl wurden im Darm der jungen Heringslarven oft 5—6 Stück *Temora longicornis* von einer Größe von 0,6—0,8 mm vorgefunden. Bei anderen untersuchten Larven wurde als Darminhalt 0,82—0,85 mm große *Centropages hamatus* festgestellt. Die übrigen der oben angeführten Arten wurden bei den untersuchten Heringslarven im Darm nicht vorgefunden. Offenbar ist die Größe der Beutetierchen bei der Auswahl von ausschlaggebender Bedeutung. Während der Resorption des Nahrungsdotters wurden im Darm der jüngsten Larven keine Copepoden konstatiert, dagegen ab und zu eine form- und strukturlose grüne Masse, wie sie auch von M. LEBOUR (1918, 1920 u. 1921) und P. JESPERSEN (1928) im Darm der jüngsten Larven im Freien gefunden wurden. Die Frage, ob es sich bei diesen „green food remains" wie LEBOUR diese Masse nennt, um aufgenommene Nahrung handelt, konnte noch nicht mit Sicherheit beantwortet werden. Der fragliche grüne Darminhalt wurde nur in solchen Larven vorgefunden, bei denen das Kulturwasser stark phytoplanktonhaltig war. In einem Kontrollversuch wurden Larven in nahezu phytoplanktonfreies Wasser gesetzt, das nur Jugendstadien von Copepoden enthielt. Der Darm der untersuchten Tiere war vollkommen leer und die Larven überstanden trotzdem das „kritische Stadium" und nahmen am 4. Tag nach vollständigem Verbrauch des Dottersacks Copepoden als Nahrung auf. Die grüne Masse im Darm der jungen Larve ist, meiner Ansicht nach, auf die Aufnahme von phytoplanktonhaltigem Wasser zurückzuführen, wobei das Phytoplankton vom Fimmerepithel des Darmes zurückgehalten wird und sich dort ansammelt. Ob diese grüne Masse verdaut wird, konnte nicht festgestellt werden.

Interessant ist, daß die oben beschriebenen charakteristischen „Schnellbewegungen" schon bei den jüngsten Larven, die das Maul noch nicht schließen können, beobachtet wurde. Sie machen in allen Fällen Jagd auf Copepoden bzw. deren Jugendstadien, obwohl es ihnen nicht gelingt, sie zu schnappen. Unmittelbar nach vollständiger Resorption des Dottersackes und in den folgenden drei Tagen wurden keine Copepoden im Darm vorgefunden. Trotzdem in dieser Zeit keine tierische Nahrung aufgenommen wurde, erfolgte

kein Stillstand in der Längenzunahme und in der Weiterentwicklung in diesem „kritischen Stadium". C. KUPFFER 1874 stellte bei seinen Zuchtversuchen ebenfalls keinen tierischen oder pflanzlichen Darminhalt in diesem Larvenstadium fest: „nachdem der Dotter total konsumiert ist, schreiten Wachstum und Entwicklung noch einige Tage fort, ohne daß Nahrungsaufnahme erfolgt". Es stehen aber sicher m. E. während dieses kritischen Stadiums der jungen Larve noch genügend vom Dotter herrührende Aufbaustoffe zur Verfügung.

Die in das Zuchtbecken I eingebaute Zirkulationspumpe spielte auch bei der Verteilung der Futterorganismen im Kulturmedium eine wichtige Rolle. Sie verhinderte, daß sich die Mikroplanktonten und Detritusteilchen in einer Ecke des Zuchtbeckens ansammelten und zu Boden sanken. Durch die mittels Pumpe erzeugten Strömungen wurden sie schwebend gehalten und gleichmäßig im Kulturwasser verteilt. Die Copepoden dagegen sammelten sich hauptsächlich in den vom Sonnenlicht getroffenen Wasserschichten an.

## IV. Vermutliche Ursache der Entstehung von Luftblasen im Enddarm der jungen Heringslarven, die das bisherige Massensterben bei den Aufzuchtversuchen bedingten.

Seit 1932 wurden regelmäßig bei den Aufzuchtversuchen von Heringslarven im Enddarm derselben eine Ansammlung von Luftblasen festgestellt, über deren Herkunft man sich bisher nicht einig war. Diese Gasblasen verursachten immer ein Massensterben unter den damit behafteten Larven. Gasblasen wurden hauptsächlich bei solchen Larven beobachtet, die ihren Dottersack noch nicht restlos resorbiert hatten. Man vermutete, daß die den jungen Larven als erstes Futter gereichten einzelligen Grünalgen in Reinkultur im Darm der Larven nicht verdaut wurden und assimilieren würden. Andererseits vermutete man aber auch, daß die jungen Larven infolge von Sauerstoffmangel nach Luftbläschen im Kulturwasser schnappen würden.

Zur Klärung der ersten Frage wurde in diesem Jahre dem Kulturwasser mit Absicht keine Reinkultur von einzelligen Grünalgen in künstlicher Nährlösung zugesetzt. Das durchlüftete Kulturwasser enthielt nur die Phytoplanktonten, die durch die Sandfilter hindurchgingen und unter dem Einfluß der Sonnenbestrahlung sich im Nährbecken weiter vermehrten. Trotzdem wurden aber auch hier in den Zuchtbecken I, II und im Tonrohr I Larven mit Luftbläschen im Enddarm festgestellt.

Bei einem Kontrollversuch (Tonrohr III) wurden Larven in Kulturwasser, das keine Phytoplanktonten enthielt, gesetzt. Das Zuchtgefäß war abgedunkelt und das Wasser wurde durchlüftet. Auch in diesem Zuchtbehälter wurden Larven mit Luftblasen im Enddarm vorgefunden. Geformte oder formlose organische Bestandteile wurden bei einer mikroskopischen Untersuchung auf Darminhalt bei dem fraglichen Material aus dem Kontrollversuch nicht vorgefunden. Es ist also wenig wahrscheinlich, daß die Gasblasen von unverdauten assimilierenden Phytoplanktonten herrührten.

Atmungsphysiologische Untersuchungen zur Beantwortung der zweiten Frage wurden aus Zeitmangel nicht durchgeführt. Es sei aber an dieser Stelle erwähnt, daß C. KUPFFER (1874) auf eine Darmatmung der Heringslarven hinweist, indem er annimmt, daß . . .„die Atmung im Wesentlichen durch die flimmernde innere Oberfläche des Darmes vermittelt wird", da die Larven in diessem Alter noch keine speziellen Atmungsorgane aufweisen.

Rein äußerlich betrachtet, erinnert obige Tatsache an die, in BREHMS Tierleben 2. Aufl. 8. Bd. zitierten Beobachtungen und Untersuchungen von BISCHOFF, ERMAN, SIEBOLD an Süßwasserfischen, wie *Misgurnus fossilis* und seinen Verwandten *Nemachilus barbatulus* und *Cobitis taenia*, die sich unter abnormen Bedingungen, wie z. B. $0_2$ — Mangel im Wasser, der Darmatmung bedienen. Die Tiere verschlucken dabei eine bestimmte Menge Luft, welche sie in den Verdauungstractus hinabdrängen und als verbrauchte Atemluft aus dem After wieder ausstoßen. LORENT hat durch seine anatomischen Untersuchungen nachgewiesen, daß ein besonderer Abschnitt des Enddarmes obiger Süßwasserfische schon durch seinen anatomischen Bau zu dieser Art der Atmung befähigt ist. W. WUNDER (1936) zitiert Arbeiten von BABAK und DEDEK, deren Versuche mit einem Schlammpeitzger unter verschiedenen Sauerstoffbedingungen einen Einblick in die Verhältnisse der Darmatmung geben.

WINTERSTEIN (1908) stellte einen besonderen Atmungsvorgang unter ungünstigen Sauerstoffverhältnissen bei Cypriniden fest. Er bezeichnet diese Atmung als „Notatmung". Die Tiere schnappen dabei an der Wasseroberfläche eine Luftblase, die, ohne in die Kiemenhöhle zu gelangen, in der Mundhöhle durch das durchgepumpte Wasser hin- und hergetragen wird. Nach WINTERSTEIN soll auf diese Weise der Sauerstoff der Luftblase an das Atemwasser abgegeben werden, wobei die Mundhöhlenschleimhaut den Gasaustausch vornimmt.

DIJKSTRA (1933) stellte eine Notatmung bei *Leuciscus rutilus* und *Scardinius erythrophthalmus* fest und bestätigt die Ergebnisse WINTERSTEINS.

Bei den jungen Heringslarven konnte die Luft nur unter bestimmten, abgeänderten Außenbedingungen aus dem Enddarm wieder entweichen. Normalerweise setzten sich die Luftblasen hinter dem Afterschließmuskel fest und die Tiere gingen nach kurzer Zeit ein. Ein „Schnappen" nach Luftbläschen war zu der Zeit, in welcher Gasblasen im Darm auftraten, den Larven nicht möglich, da sie ja mit noch klaffendem Maul umherschwammen. Erst bei einer Größe von 7,5 mm zeigte der Unterkiefer zuckende Bewegungen, ohne aber den Schluß des Maules bewirken zu können. Selbst bei 10 mm langen Larven (am 10. Tage nach dem Ausschlüpfen), stand das Maul noch weit offen. Ein aktives Schnappen älterer Larven nach Luftbläschen wurde von mir auch dann nicht beobachtet, wenn die Sauerstoffsättigung des Kulturwassers bis auf 40 N% zurückging. Von einer ausgesprochenen Darmatmung, über die z. B. der Schlammpeitzger verfügt, oder von einer Notatmung, wie sie bei karpfenähnlichen Fischen festgestellt wurde, kann m. E. in diesem Falle bestimmt nicht die Rede sein. Eine Darmatmung nach KUPFFER in dem Sinne, daß vor der Kiemenbildung das Flimmerepithel den Gasaustausch vornimmt, halte ich für nicht ausgeschlossen. M. E. erfolgt der Gasaustausch in diesem Larvenstadium durch die gesamte Körperoberfläche.

Es ist wohl anzunehmen, daß das mit Luftbläschen beladene Kulturwasser infolge der Schluckbewegungen des Oesophagus durch das noch klaffende Maul in den Darm der Larve gelangt, wo es durch die gerichtete Bewegung der Flimmerhärchen des Darmepithels gegen den After hin fortbewegt wird. Die Luftbläschen ballen sich dabei zu immer größeren Luftblasen zusammen und setzen sich dann im Enddarm vor der Afteröffnung fest.

Neuere Untersuchungen zur Physiologie der Schwimmblase der Fische (LEDEBUR 1928, WUNDER 1935) haben ergeben, daß Physostomen- und Physoklisten-Jungfische nur dann eine gefüllte Schwimmblase bekommen, wenn sie vor der Obliteration des Ductus pneumaticus Gelegenheit haben, an der Wasseroberfläche Luft zu schnappen. JACOBS (1938) beobachtete, daß die ausschlüpfenden jungen Seepferdchen an die Wasseroberfläche steigen und durch Luftschnappen die Füllung der Schwimmblase ermöglichen. Dabei stellte er fest, daß verhältnismäßig viele Tiere bei diesem Vorgang eine übertrieben große Schwimmblase bekamen und mit aufgetriebenem Bauch an der Wasseroberfläche trieben.

Die Beobachtungen von JACOBS an Seepferdchen, die mit aufgetriebenem Bauch an der Wasseroberfläche trieben, gleichen sehr unseren Beobachtungen an Heringslarven, die durch die im Enddarm befindlichen Gasblasen mit einem schräg nach oben gerichteten, aufgeblähten Hinterende an der Wasseroberfläche umhertrieben.

Die Frage, ob es sich bei den beobachteten Gasblasen im Enddarm der Heringslarven um verschluckte Luft handelt, die normalerweise, solange der Ductus pneumaticus noch offen ist, vielleicht zum Füllen der Schwimmblase oder zur Anregung ihrer Gassekretion dient und nach der Obliteration des Ductus pneumaticus sich als überschüssige Luft im Enddarm mancher Larven festsetzt, konnte bis jetzt noch nicht beantwortet werden. Diesbezügliche Untersuchungen sind von mir in Angriff genommen worden.

## D. Besprechung und Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die eben aus dem Ei geschlüpfte Larve steht hinsichtlich ihrer Entwicklung noch auf einer sehr niedrigen Stufe. Es ist deshalb eine Aufzucht im Aquarium, besonders über das „kritische Stadium" hinweg, sehr schwer. Drei bis vier Tage nach Resorption des Dottersackes sind die Heringslarven am empfindlichsten gegen ungünstige, äußere Faktoren. Sie nehmen in dieser Zeit noch keine tierische Nahrung aktiv auf, und trotzdem schreiten Längenzunahme und Entwicklung fort. Während dieses Stadiums muß ihnen eine besondere Pflege zuteil werden.

In den Hauptversuchen Nr. 1, Nr. 3 und 4 war es zum ersten Mal gelungen, den Hering in größerer Anzahl vom künstlich befruchteten Ei bis zu dem Stadium zu züchten, bei dem die Wirbel soweit verknöchert sind, daß sie sich nach vorheriger Färbung zählen ließen. Die bisher aus der freien Natur bekannten Wachstums- und Entwicklungsstufen der Heringsbrut bis zum Abschluß des Übergangsstadiums, bei dem das silberne Schuppenkleid völlig entwickelt ist, konnten im Aquarium lückenlos verfolgt und studiert werden.

Vorstehende Experimente und das mikroskopische Studium am lebenden und konservierten Material haben folgendes ergeben:

1. Es erfolgt keine Störung in der Embryonalentwicklung, wenn die künstliche Befruchtung in zweimal salzreicherem Wasser (im Vergleich zum Küstenwasser, in welchem die natürliche Befruchtung stattfindet), ausgeführt wird, und wenn die Erbrütung des Laichs in demselben Wasser erfolgt.

2. Die Verwendung von entkeimtem Seewasser während der Befruchtung und Erbrütung des Heringslaichs verhinderte die bisher beobachtete Pilzwucherung und den Ciliatenbefall.

3. Erfolgreich verlief die Aufzucht von Heringslarven in stehendem Wasser, das indirekt mittels einer Zirkulationsvorrichtung durchlüftet und in den ersten 12 Tagen jeden 3. bis 4. Tag erneuert wurde.

4. Jungheringe wurden mit Erfolg in stark mit Wasser durchströmten und einfach durchlüfteten Zuchtbecken aufgezogen.

5. Die bisher im Darm der jungen Larven beobachteten Luftblasen, die zum Tode der Larven führen können, wurden nicht durch die Assimilationstätigkeit unverdauter Phytoplanktonten hervorgerufen, wurden aber auch nicht aktiv von der Larve infolge von Sauerstoffmangel geschnappt, sondern gelangten vermutlich passiv durch Verschlucktwerden des mit Luftbläschen beladenen Atemwassers in den Darm, wo sie sich festsetzten.

6. Am 8. Tage nach dem Schlüpfen führten die Larven mit S-förmig gekrümmtem Körper charakterische Fangbewegungen mit noch klaffendem Maul gegen die Beutetiere aus.

7. Am 10. Tage war der Dottersack resorbiert.

8. Am 14. Tage nach dem Schlüpfen konnten die Larven den Mund vollständig schließen. An diesem Tage wurde zum ersten Mal tierische Nahrung in Form von Copepoden (*Temora longicornis*, *Centropages hamatus*) im Darm der Larven festgestellt.

9. Die Wirbelzahl konnte bei den rasch gewachsenen Tieren am 42. Tag nach dem Schlüpfen bei einer Größe von 3,5 cm bestimmt werden. Bei den langsamer gewachsenen Jungheringen dagegen war die Wirbelzahlbestimmung erst am 56. Tage möglich. Die Tiere hatten bis dahin eine Länge von nur 1,8 bis 2 cm erreicht.

10. Der Abschluß des Uebergangsstadiums, bei dem das silberne Schuppenkleid völlig entwickelt ist, wurde bei einer Größe von 3—4 cm erreicht.

11. Die optimalen Lebensbedingungen bei der künstlichen Aufzucht wurden durch Untersuchungen über geeignete Beleuchtung der Zuchtbecken, günstige Größe derselben, physikalisch-chemische Beschaffenheit des Kulturwassers, geeigneste Nahrung, zum Teil erfaßt. Die Untersuchungen haben folgendes ergeben:

a) Als Erbrütungsgefäße für den befruchteten Heringslaich eigneten sich am besten ziemlich große Glaswannen, die an einem hellen Ort, vor direktem Sonnenlicht geschützt, aufgestellt wurden.
b) Als Zuchtgefäße für die Larven und Jungheringe wurden mit Erfolg große, säurefeste Steinzeugaquarien mit rechteckigem Querschnitt benutzt.
c) Senkrecht in die Zuchtbecken fallendes Tageslicht erwies sich bei den Zuchtversuchen am zweckmäßigsten. Bei seitlich beleuchteten Zuchtgefäßen aus Glas hielten sich die Larven infolge ihrer positiven Phototaxis stets an der beleuchteten Aquarienseite auf und ließen die ihnen gereichte Nahrung unbeachtet.
d) Als sehr zweckmäßig erwies sich der Algenbewuchs (*Enteromorpha* spec.) an den Wänden des großen Zuchtbeckens. Die Sauerstoffsättiguug blieb infolgedessen bei den erhöhten Temperaturen relativ konstant, so daß ein normaler Gasstoffwechsel gewährleistet war.
e) Der obere Grenzwert der Sauerstoffsättigung des Erbrütungswassers, bei der noch eine Embryonalentwicklung erfolgte, betrug 40%.
f) Das noch ertragene Minimum an Sauerstoffsättigung im Kulturwasser bei der Aufzucht der jungen Heringe betrug 40%.
g) Gegen allmählich erfolgende Temperaturerhöhungen sind Jungheringe relativ unempfindlich. Die höchste Temperatur betrug 25,5° C. Eingehende Untersuchungen zur Feststellung des Temperaturoptimums wurden nicht gemacht. Vermutlich liegt es zwischen 10 bis 20° C.
h) Der Grenzwert für den Salzgehalt des Kulturwassers liegt bei S = 35,75‰. Versuche zur Feststellung des Optimums wurden nicht angestellt.
i) Das Wasserstoffionenkonzentrationsoptimum liegt bei pH = 8,20 bis 8,30; nach der basischen Seite wurde ein Grenzwert von pH = 8,45, nach der sauren ein Grenzwert von pH = 7,80 festgestellt.

12. Die in kleineren Zuchtgefäßen (Tonrohr 1 und 2) gezüchteten Jungheringe blieben in der Körperlänge bedeutend hinter den gleichaltrigen Tieren znrück, die im 2,5 $m^3$ Wasser fassenden Zuchtbecken gezüchtet wurden. Welche Faktoren hierfür verantwortlich gemacht werden können, wurde nicht festgestellt. Vielleicht spielt der Raumfaktor eine ausschlaggebende Rolle, vielleicht wirken auch mehrere Faktoren zusammen. In den kleineren Zuchtbecken alterte das stagnierende Wasser bei der Aufzucht der Larven viel rascher als im großen Zuchtbecken. Es war daher ein öfterer Wasserwechsel nötig; hierdurch traten stetige Schwankungen in der physikalisch-chemischen Beschaffenheit des Kulturwassers auf. Im großen Zuchtbecken, dessen Wände mit Algen bewachsen waren, alterte das Wasser viel langsamer, und die physiologische Beschaffenheit des Kulturwassers wies keine so großen Schwankungen auf.

**Schriftenverzeichnis.**

ABOLIN, L.: „Ueber den Einfluß der maximalen Darmatmung auf den histologischen Bau des Enddarmes des Schlammpeitzgers (*Misgurnus fossilis.*)". Biol. Zentralbl. Bd. 44, 1924.
—: „Zur Frage nach der Anpassungsfähigkeit des Schlammpeitzgerdarmes an die erhöhte respiratorische Tätigkeit". Biol. Zentralbl. Bd. 46, 1926.
BREHM, A.: „Brehms Tierleben". 2. Aufl. 8. Bd. (Fische). 1879.
DAHL, F.: „Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile." IX. Teil: Copepoden, 1928.
DIJKSTRA, S. J.: „Ueber Wesen und Ursache der Notatmung". Z. vergl. Physiol. Bd. 19, 1933.
EHRENBAUM, E.: „Eier und Larven von Fischen". Nordisches Plankton, Zool. Teil Bd. 1, 1905—1909.
HAGMEIER, A.: „Züchtung wirbelloser Meerestiere". Abderhaldens Hdb. d. biol. Arb. Meth. IX, 5, 1930.
HERTLING, H.: „Züchtung von Meeresfischen". Abderhaldens Hdb. d. biol. Arb. Meth. IX, 6, 1932.
JACOBS, W.: „Untersuchungen zur Physiologie der Schwimmblase der Fische", Z. vergl. Physiol. 25, 379, (1938).
—: „Schweben mit Hülfe von Gas bei Wassertieren". Arch. Néerlandaises d. Zoologie, III, (1938).
JESPERSEN, P.: „Investigation on the food of the herring in Danish waters". Medd. f. Kom. f. Hav. Serie: Plankton, Bd. II (1928).
KALLE, K.: „Meereskundliche chemische Untersuchungen mit Hilfe des Zeißschen Pulfrich-Photometers". Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie, 1931, 1933, 1934, und 1935.
KOTTHAUS, A.: „Zuchtversuche mit Heringslarven". Helgol. Wiss. Meeresunters. Bd. 1, 1939.
KUPFFER, C.: „Entwicklung des Herings im Ei". Jahresbericht d. Kommission z. w. Unters. d. d. Meere, Kiel 1874—76 IV. bis VI. Jahrgg.
LEDEBUR, v., J.: „Beiträge zur Physisiologie der Schwimmblase der Fische". Z. vergl. Physiol. 8, 445 (1928).
LEBOUR, M. V.: „The food of post-larval fish". J. Mar. Biol. Ass. XI. 4, 1918.
—: „The food of young fish". Ebenda XII, 2. 1920.
—: „The food of young clupeoids". Ebenda XII, 3, 1921.
WINTERSTEIN, H.: Beiträge zur Kenntnis der Fischatmung. Pflügers Arch. 125, 1908.
WUNDER, W.: „Physiologie der Süßwasserfische Mitteleuropas". Hdb. d. Binnenfischerei Mitteleuropas, Bd. II B. 1936.
—: „Das Verhalten von Knochenfischen beim Ausschlüpfen aus dem Ei und in den ersten Lebenstagen". Verh. Zool. Ges. 37, 60 (1935).
ZEISS, „Anleitung zum Gebrauch des Pulfrich-Photometers". Mess 430 d/III, 430 d/IV.

Druck von Otto Dornblüth Nachf. in Bernburg.