https://doi.org/10.17895/ices.pub.8905

WHAT PHYSIOLOGICAL PROBLEMS ARE OF INTEREST TO THE MARINE BIOLOGIST IN HIS STUDIES OF THE MOST IMPORTANT SPECIES OF FISH?

BY

PROFESSOR W. VON BUDDENBROCK,
HALLE.

Sinnesphysiologie.

DAS Präsidium der Internationalen Meeresforschung hat mir den Auftrag erteilt, Ihnen einen Vortrag über die Bedeutung der physiologischen Forschung für die Meeresforschung zu halten. Diese Aufgabe ist schwierig. Die Physiologie ist eine im wesentlichen analytische Wissenschaft, die Meeresforschung interessiert sich dagegen meist nur für grössere biologische Zusammenhänge. Es ist uns z. B. sehr viel wichtiger zu wissen, dass der Aal überhaupt ins Meer wandert, als die genauen Gründe zu erfahren, aus denen er es tut. Bestimmt muss gesagt werden, dass die physiologische Forschungsrichtung wenig zur unmittelbaren Förderung der praktischen Fischerei tun kann. Ihr Ziel wird stets nur dies sein, die Naturgeschichte der Nutzfische nach einer bestimmten Richtung hin aufzuklären.

Auch innerhalb dieses Fragenkomplexes müssen einige Einschränkungen gemacht werden. Die Physiologie der Nutzfische die gerade jetzt in einem schönen Werke Wunders (20) zusammenfassend dargestellt worden ist, handelt in vielen Kapiteln von Dingen, die trotz des lebhaften Interesses, das ihnen die Wissenschaft entgegenbringt, für die Meeresforschung wenig belangreich sind. Ich erinnere nur an die umfangreiche Literatur über den Farbwechsel der Fische. Wir werden uns in der Meeresforschung in der Hauptsache beschäftigen müssen mit denjenigen physiologischen Problemen, die in Beziehung stehen zum Stoffwechsel, zum Wachstum, zur geographischen Verbreitung und zu den Wanderzügen der Fische. Vieles Andere erscheint daneben weniger wichtig.

Ein verhältnismässig unwichtiges Gebiet ist z. B. die Sinnesphysiologie, obgleich gerade hier für die Theorie sehr wichtige Arbeiten in den letzten Jahren entstanden sind. Vom chemischen Sinn darf ich erwähnen, dass es vor allem durch Pipping (13) erkannt wurde, dass eine Anzahl von Fischen über ein recht gutes Witterungsvermögen verfügen und imstande sind, ihre Nahrung mit Hilfe des Geruchsinnes allein zu finden. Von den wichtigen Nutzfischen dürfte aber keine Art in diese Kategorie gehören. Ferner ist es von Interesse, dass manche Fische auf ihren eigenen Artduft reagieren. Dies ist für die Elritze nachgewiesen, gilt aber sicherlich für viele in grösseren Schwärmen auftretenden Arten. Der Geruchsinn bildet also sicherlich einen der vielen Faktoren, der zum Zusammenhalten des Schwarmes dient.

Gänzlich verzichtet werden kann auf eine Darstellung des statischen Sinnes und des Gehörsinnes. Dagegen müssen wir etwas genauer auf den Tastsinn, den Lichtsinn und den Wärmesinn der Fische eingehen, die wahrscheinlich bei den **Wanderungen** der Fische eine Rolle spielen. Diese Wanderungen sind eines der ungeklärtesten Probleme der gesamten Fischbiologie. Es ergibt sich aber aus der Literatur dieses umfangreichen Gebietes sehr deutlich, dass man schon seit langem darüber nachgedacht hat, welche Sinnesreize den Fisch bei seinen Wanderungen leiten. Die Wanderung selbst mag ein Instinkt, besser gesagt ein Trieb sein, der in bestimmten Phasen des Lebens, z. B. beim Einsetzen der Geschlechtsreife, einsetzt. Diese Triebe sind in ihrem innersten Wesen unerforschlich bei den Fischen genau so wie bei den Vögeln. Sie sind letzten Endes bedingt durch die Struktur des Gehirns der Tiere. Aber diese Erkenntnis ändert garnichts an der Tatsache, dass der Fisch bei seinen Wanderzügen von bestimmten Reizen geleitet werden muss. Die Laboratoriumsphysiologie hat uns nun gerade auf diesem Gebiet eine sehr wichtige Aufklärung gebracht. Bei vielen Fischen ist früher die Meinung geäussert worden, dass sie bei ihren Wanderungen gegen die Strömung schwimmen. Die Physiologie hat gelehrt, dass dies bei pelagischen Fischen ein Ding der Unmöglichkeit ist. Bei Ausschliessung optischer Eindrücke ist es, wie Dykgraaf (3) gezeigt hat, dem Fisch ebenso wie dem Menschen im freien Wasser unmöglich, die Richtung der Strömung wahrzunehmen, er wird passiv von ihr getragen. Die sogenannte **Rheotaxis,** das Sicheinstellen gegen den Strom, das einem Jeden von der Forelle bekannt ist, hat zur Voraussetzung, dass der Fisch beim Schwimmen den Boden berührt und sich an ihm reibt. Von Interesse ist es ferner, dass die Seitenorgane, die früher immer als Receptoren des Strömungssinnes aufgefasst wurden, nichts mit der Rheotaxis zu tun haben. Sie dienen dem Ferntastsinn, das heisst, das Tier merkt mit Hilfe seiner Seitenlinien, wenn sich irgend ein Tier in der Nähe seines Rumpfes bewegt und vermag dann nach ihm zu schnappen.

Die Rheotaxis, also das Anschwimmen gegen die Strömung, wird verursacht durch den Hauttastsinn des Fisches und kommt nach dem oben Gesagten nur in Betracht für Fische, die sich dicht über dem Grunde bewegen. Es ist kaum ein Zweifel, dass dies für Aale, Lachse und andere in den Flüssen wandernde Fische gilt. Bei den Meeresfischen könnte es sein, dass die Grundfische, z. B. die Pleuronectiden auf Grund rheotaktischer Reise zu ihren Laichplätzen gelangen, aber es ist

wohl sehr zweifelhaft, ob es gerade in diesen Gebieten, z. B. am Eingang des Kanals, konstante derartige Strömungen gibt.

Aus der Aufklärung der Rheotaxis ergibt sich ein Bild, wie auf vielen anderen Gebieten der Wissenschaft. Die wachsende Erkenntnis führt zunächst nicht zu einem Mehrwissen, sondern nur zur Ausschliessung gewisser Möglichkeiten. Bei den Wanderzügen der Fische müssen also andere Reize dominieren, und ich möchte meinerseits hier den **optischen Reizen** den Vorrang geben. Bei pelagischen Tieren wie den Aallarven gibt es kaum andere Denkmöglichkeiten. Experimente liegen noch kaum vor. Bei den amerikanischen Lachsen hat Craigie (1) neuerdings Versuche mit Tieren gemacht, denen der Olfaktorius, der Riechnerv, durchschnitten war. Diese Operation hat die Tiere nicht gehindert, den Strom wieder aufzufinden, in dessen Oberlauf sie früher ausgesetzt worden waren.

Ward (19) gibt an, dass für den Lachs Temperaturreize für die Richtung seines Wanderns massgeblich sind, aber es ist dies wohl nur dann möglich, wenn, wie an den Flussmündungen oder bei Einmündungen eines Seitenflusses, ziemlich grosse Temperatursprünge auftreten.

Für gewisse Jungstadien der Bodenfische könnten auch sehr gut **geotaktische Reize** massgebend sein. So ist es möglich, dass die jungen Schollen und Flundern in das flache Wasser geraten, indem sie der Neigung des Bodens entgegen schwimmen. Aber auch hier ist es durchaus möglich, dass optische Reize mitsprechen. Man kann sich leicht davon überzeugen, dass dem Tier selbst bei sehr geringer Steigung das Gesichtsfeld nach dem Lande zu heller erscheinen muss als nach dem Wasser zu, weil die Wasserschichten, durch die das Auge hindurchsehen muss, verschieden dick sind. Diese Zusammenhänge dürften sich durch geeignete Laboratoriumsversuche aufklären lassen. Genau das Gleiche wie für die jungen Bodenfische gilt natürlich, nur im umgekehrten Sinne für die laichreifen Tiere, soweit sie tieferes Wasser aufsuchen. Bei manchen Landtieren finden wir genau Entsprechendes. So finden die jung ausgeschlüpften Seeschildkröten nach Parker (12) auf Grund optischer und geotaktischer Reize meist auf dem geradesten Wege ins Wasser.

Beim Lichtreiz und bei der Geotaxis kann der Fisch von seinem gegebenen Standort aus sofort erkennen, wohin er zu schwimmen hat. Die Art der Orientierung dürfte hierbei die sogenannte phobische sein. Das heisst, das Tier schwimmt hin und her und kommt durch Vergleich der dabei erhaltenen Sinneseindrücke zu der Feststellung, nach welcher Richtung er ins Dunklere oder ins Hellere schwimmen kann. Bei den anderen Reizen, die häufig genannt werden, ist eine derartige Orientierung aber nicht möglich, und die Dinge liegen hier sehr viel schwieriger. Scheuring (14) schreibt z. B. von der Flunder: "Wenn die Laichzeit kommt, suchen alle Flundern das stärkst salzhaltige Wasser auf, das sie erreichen können." (S. 175). Dies ist, wenn nur die Tatsache festgestellt werden soll, dass sich die laichreifen Tiere in einem bestimmten, sehr salzreichen Gebiete sammeln, ganz richtig. Es darf aber nicht angenommen werden, dass sich die Tiere nach dem Salzgefälle richten. Hierzu müssten sie über ein ausserordentliches Unterscheidungsvermögen für Wasser von verschiedener Salzkonzentration verfügen, das wahrscheinlich jenseits jeder physiologischen Leistungsfähigkeit liegt. Die Salzigkeit des Wassers scheidet also als Reiz für die Laichwanderung wahrscheinlich aus, und genau dasselbe gilt für die Temperatur. Denn auch hier kann der Fisch nicht ahnen, ob es in 10 oder 100 km. Entfernung ein paar Grad wärmer oder kälter ist.

Für die Erforschung der Ursachen der Fischwanderungen könnte das Verhalten der aus der Nordsee in die Ostsee überpflanzten Schollen von erheblichem Wert sein. Hierzu wäre ein enges Zusammenarbeiten von Dänen und Deutschen notwendig, und es müssten viel mehr Markierungen gemacht werden. Die Nordseeschollen werden durch die Überpflanzungen in ein ihnen gänzlich fremdes Gebiet gebracht, und es wäre von grossem Interesse zu erfahren, wohin die überpflanzten Tiere zur Laichzeit gehen.

Auch die Wanderungen dieser Tiere im sonstigen Jahr, besonders bald nach ihrer Aussetzung, müssten kontrolliert werden. An der deutschen Küste haben sich beachtenswerte Ansammlungen überpflanzter Nordseeschollen in gewissen Flachwasserregionen ergeben. Wir werden versuchen, diese Beobachtungen fortzusetzen.

Ein anderes, sehr schwieriges Kapitel sind die **Vertikalwanderungen** der Fische. Ich fürchte aber, dass wir hier in der Erkenntnis der Dinge nur sehr schwer werden vorwärts kommen können. Ob der Fisch tief oder hoch steht, dies zu wissen ist ja für die praktische Fischerei von der allergrössten Bedeutung. Das Motiv des Fisches, sich in einer bestimmten, von Fall zu Fall wechselnden Wassertiefe zu halten, ist wahrscheinlich das Vorkommen der Nährtiere, Krebse etc., die ebenfalls Vertikalwanderungen aufweisen. Ich möchte an dieser Stelle nur darauf hinweisen, dass für das Verständnis der Vertikalwanderungen die Physiologie der Schwimmblase von erheblicher Bedeutung ist. Die Schwimmblase dient in allererster Linie der Angleichung des specifischen Gewichtes an das umgebende Wasser. Für schnelle Vertikalwanderungen ist aber die Schwimmblase eher schädlich als nützlich, weil der Gasaustausch zwischen Blut und Schwimmblase geraume Zeit in Anspruch nimmt. Vergleichende Beobachtungen über die Schnelligkeit des Standwechsels scheinen zur Zeit noch zu fehlen. Scheuring (14) hat vor Jahren darauf aufmerksam gemacht, dass bei den einzelnen Makrelenarten hier sehr merkwürdige Unterschiede bestehen. *Scomber scombrus* fehlt die Schwimmblase, *Scomber colias* hat dagegen eine.

Die Nachteile der Schwimmblase für Vertikalwanderungen werden bei manchen Arten, besonders beim Hering, wie es scheint, dadurch ausgeglichen, dass die Schwimmblase sich nach aussen öffnet. Es ist dies bekanntlich vor allem bei den sogenannten Physostomen der Fall, die indessen unter den Seefischen keine sehr grosse Rolle spielen. Unter den Nutzfischen des Meeres hat der Hering eine derartige Schwimmblasenöffnung in der Nähe des Afters. Über diesen Fisch gibt es nun einige interessante Beobachtungen, auf die mich Herr Prof. Ehrenbaum freundlicherweise aufmerksam machte. Die Norweger haben beobachtet, dass man tief stehende Heringsschwärme daran erkennen kann, dass aus der Tiefe des Wassers ganz feine Gasblasen aufsteigen. Ich möchte hieraus den Schluss ziehen, dass es sich hierbei um Schwärme handelt, die entweder noch auf dem Wege in die Tiefe begriffen sind oder sich erst kürzere Zeit im Tiefen aufhalten. Ferner ist ein charakteristischer Unterschied zu bemerken beim Aufholen des Netzes. Wenn die Heringe noch lebendig heraufkommen, werden sie in höheren Wasserschichten durch die Ausdehnung des Schwimmblasengases specifisch leichter als das Wasser. Daher kommt es, dass das Netz gewissermassen nach oben gerissen wird. Sind die Heringe aber bereits tot, so ist nichts hiervon zu bemerken. Ich möchte diese Beobachtung so deuten, dass beim toten Hering der Schliessmuskel (Sphinkter) der Schwimmblasenöffnung erschlafft und das überschüssige Gas grösstenteils nach aussen entwichen ist.

Für die Meeresforschung ist vielleicht auch das nicht ganz zu vernachlässigen, was man heute über die **Phototaxis** der Fische weiss. Unter diesem Begriff versteht man die bei Insekten und allen möglichen anderen niederen Tieren leicht zu beobachtenden Bewegungen zum Licht hin oder von ihm weg. Die Phototaxis ist früher als eine Eigentümlichkeit nur dieser niederen Tiere ausgefasst worden. Einige amerikanische Autoren haben aber an gewissen Fischen deutlich nachweisen können, dass auch der Fisch positiv phototaktisch sein kann. Nun ist ja der Lichtfang der Sardine eine schon seit ältesten Zeiten geübte Technik. In welcher Weise die Anlockung der Sardine durch das Licht zu verstehen ist, darüber hat man sich wohl kaum Gedanken gemacht. Es ist aber jetzt sehr wahrscheinlich, dass es sich eben nur um Phototaxis handelt. Dieses Ergebnis sollte die Fischerei eigentlich dazu ermuntern, auch bei anderen, besonders bei in der Tiefe lebenden Fischen den Lichtfang anzuwenden, da es heute praktisch gar keine Schwierigkeiten bereitet, elektrische Lampen von ausreichender Lichtstärke am Kabel herunterzulassen.

Das **Wachstum** der Kaltblüter ist von einer ganzen Reihe von Faktoren abhängig. In erster Linie spielt hierbei natürlich die **Ernährung** die Hauptrolle. Dieser Satz bedarf keiner Bestätigung durch Laboratoriumsversuche, die auch bei den meist sehr empfindlichen Seefischen schwer ausführbar sein würden. Die Methoden der Meeresforschung selbst, das heisst die statistische Auswertung der zahlreichen Forschungsfahrten haben zweierlei ergeben: Erstens besteht eine direkte Abhängigkeit der Wachstums von der Menge des den Tieren zur Verfügung stehenden Planktons (Hering). Zweitens lässt sich eine Abhängigkeit zwischen der Bevölkerungsdichte und der Wachstumsintensität des einzelnen Fisches nachweisen. Dieses früher sehr dunkle Gebiet ist vor allem durch die Arbeiten von Strodtmann (18) aufgeklärt worden. Man glaubte früher, schnell wachsende und langsam wachsende Schollenrassen unterscheiden zu können. Strodtmann und seine Mitarbeiter haben aber gezeigt, dass bei den "langsam wachsenden" ungünstige Milieueinflüsse, nämlich Nahrungskonkurrenz durch Artgenossen das Wachstum hemmen. Die stärkere Abfischung hat zu einem erheblich schnelleren Wachstum geführt. Während 1906 östlich von Rügen fünfjährige Schollen eine Länge von nur 19 cm. aufwiesen, hatten sie 1930 eine durchschnittliche Länge von 28 cm. Ein entsprechendes Ergebnis hatten Überpflanzungen aus der östlichen Ostsee in die westliche südlich von Alsen. Die überpflanzten Tiere nahmen in ihrem neuen Wohngebiet in 13 Monaten 10.6 cm. zu, während das Wachstum an ihrer ursprünglichen Wohnstätte nur ½ cm. betrug.

Strodtmann hat aus seinen Forschungen den Begriff des potentiellen Wachstums abgeleitet. Er versteht darunter das im Höchstfalle auf Grund einer ererbten Konstitution erreichbare Wachstum bei günstigsten Lebensbedingungen. Es stimmt durchaus mit unseren Erfahrungen auch bei anderen Tierklassen, dass dieses potentielle Wachstum bei ungünstigen Bedingungen, also Kälte oder Nahrungsmangel latent bleiben kann. Die Tiere wachsen zunächst langsam, holen aber, wenn sie in günstigere Umstände kommen, das Versäumte sehr schnell nach.

Diese Befunde stehen durchaus im Einklang mit allem, was man theoretischerseits erwarten musste.

Eine sehr wichtige Rolle für das Wachstum der Fische spielt weiterhin die **Temperatur.** Die Dinge liegen hier aber recht verwickelt. Ich möchte zum Vergleich das heranziehen, was man von anderen kaltblütigen Tiergruppen weiss. Bei den Insekten z. B., über die wir in dieser Hinsicht sehr viel wissen, bewirkt Erhöhung der Zuchttemperatur eine bedeutende Beschleunigung des gesamten Entwicklungsablaufs. Raupen z. B. häuten und verpuppen sich viel schneller, ergeben aber bei höheren Temperaturen wesentlich kleinere Falter als bei niederen. Bei den Fischen ist diese das Individuum verkleinernde Wirkung weniger zu beobachten, es fällt, wie besonders vom Karpfen bekannt ist, vor allem die Erhöhung der Wachstumsgeschwindigkeit auf. Die in Java bei 27° gezogenen Karpfen sind bereits nach 90 Tagen geschlechtsreif. Es treten aber bei

Änderung der Temperatur eigentümliche Verschiebungen in der Zusammensetzung des Tierkörpers auf. So weist Hickling (6) 1930 darauf hin, dass beim Hake *(Merlucius merluccius)* vom Süden nach Norden das Verhältnis zwischen Körpergewicht (ohne Gonade) zur Körperlänge zunimmt. Bei der gleichen Körperlänge sind also diese Fische im Norden schwerer als im Süden. Zur Erklärung dieses Verhaltens stellt Hickling (6) drei Hypothesen auf: (1) Es könnte sein, dass im kalten Wasser zur Erzeugung einer bestimmten Masse von Eiern mehr Reservestoffe erforderlich sind. (2) Den Fischen könnte im Norden mehr Futter zur Verfügung stehen. (3) Im kälteren Wasser wächst der Fisch weniger in die Länge und nimmt mehr an Gewicht zu. Die dritte Annahme erscheint ihm selbst als die wahrscheinlichste, aber auch sie stellt keine eigentliche Lösung vor.

Bei Berücksichtigung dessen, was man sonst vom Wachstum der Kaltblüter weiss, muss man wohl zu folgenden Schlüssen gelangen: Das Körperwachstum, das man am besten am Längenwachstum misst, an dem sich natürlich auch das Skelett beteiligt, ist bei allen Kaltblütern in den ungefähren Grenzen der van t'Hoff'schen Regel abhängig von der Temperatur. Der zweite bedingende Faktor, die Nahrung wirkt sich dabei so aus, dass sie, wenn ungenügend vorhanden, das Wachstum hemmt. Ist sie aber im Überschuss da, so beschleunigt sie das Wachstum nicht, sondern es kommt nur zur Bildung von Reservestoffen. Ein Kind, dem wir sehr viel zu essen geben, wird ja hiervon auch nicht grösser sondern nur dicker. Die von Hickling beobachtete Tatsache, die wahrscheinlich auch für alle anderen Fische gilt, ist also physiologisch eigentlich etwas selbstverständliches. Ich erwähne diesen Fall nur deswegen, weil er zeigt, inwieweit die Gesetze der Physiologie zur Aufklärung derartiger in der Natur beobachteten Fälle dienen kann. Der gut genährte Kaltwasserfisch setzt mehr Fett und Fleisch an, weil er das ihm zur Verfügung stehende Nährmaterial nur z. Teil zum Wachstum ausnützen kann. Der Warmwasserfisch hingegen verwendet einen grösseren Teil seiner Nahrung für den Baustoffwechsel und bleibt dabei magerer.

Aus der starken Abhängigkeit des Wachstums von der Temperatur folgt, dass man gegebenenfalls einen bedeutenden Effekt erzielen kann, wenn man Fische, die an kälteres Wasser gewohnt sind, in wärmeres Wasser setzt. Bewusstermassen sind solche Versuche bei Seefischen meines Wissens nicht gemacht worden, ich halte es aber nicht für ausgeschlossen, dass der Temperaturfaktor eine wichtige Rolle spielt beim Riesenwachstum der Bachforellen, die ins Meer ausgesetzt wurden. An sich können hier drei Faktoren in Betracht kommen: die bessere Ernährung, die Salzhaltigkeit des Wassers und die Temperatur. Was diese letzte anlangt, so ist es kein Zweifel, dass die Jahresdurchschnittstemperatur in der Ostsee viel höher liegt als in einem kalten Gebirgsbach. Die Maximaltemperatur für die lachsartigen Fische wird für gewöhnlich mit 18° angegeben. Diese Temperatur kann im Sommer im Meere längere Zeit hindurch herrschen, während die Forellenbäche kaum über 10—12° kommen dürften. Wahrscheinlich würde man auch ein sehr starkes Wachstum erhalten, wenn man Jungschollen aus dem Barentsmeer in die Ostsee aussetzte.

Einen sehr bedeutenden Einfluss auf das Wachstum gerade der Fische haben die **Hormone.** Am bekanntesten ist die wachstumshemmende Wirkung der Sexualhormone des männlichen Fisches. Als Beispiel sei der Aal herausgegriffen, dessen Männchen viele Jahre vor dem Weibchen geschlechtsreif werden und um das Mehrfache kleiner bleiben. Auch bei den Plattfischen ist die Einwirkung der Geschlechtsreife auf das Wachstum der Männchen ziemlich ausgesprochen. An sich haben diese Dinge vielleicht nur ein theoretisches Interesse, sie könnten einen aber auf den Gedanken bringen, wertvollere Marktfische durch Kastration zu erreichen. Etwas vollkommen Neues wäre dies übrigens nicht. Am Karpfen sind früher derartige Versuche mit Erfolg gemacht worden.

In der wissenschaftlichen Literatur gibt es zwar zahlreiche Arbeiten, die sich mit den Hormonaldrüsen der Fische beschäftigen, aber sie haben in der Regel nur theoretisches Interesse. Es gilt dies vor allem für die Abhängigkeit des Farbwechsels von der Hypophyse und den Einflüssen der Sexualhormone auf das Farbkleid des männlichen Fisches. Eine Ausnahme von beträchtlichem Wert machten aber einige Arbeiten über die Bedeutung der Thymus für das Wachstum der Fische. Die ersten Versuche hierüber machte Sklower (16). Unabhängig davon schrieb Groebbels (4) 1934 eine sehr interessante Arbeit über den gleichen Gegenstand. Sie bezieht sich freilich nicht auf einen Nutzfisch, sondern kleine Aquariumsfische: Goldfisch, Schleierschwänze, Zahnkarpfen. Die sehr einfache Methode bestand darin, dass die zu untersuchenden Fische in zwei Gruppen geteilt wurden. Eine Gruppe, die mit Piscidin + Thymus gefüttert wurde und eine Kontrollgruppe, die nur Piscidin erhielt. Bei Schleierschwänzen und Goldfischen bewirkte der Thymuszusatz in ziemlich kurzer Zeit eine Wachstumssteigerung um 200—300 % gegenüber den Kontrolltieren. Der Erfolg ist also der Quantität nach ungewöhnlich gross. Vorläufig ist allerdings mindestens bei der Seefischerei mit diesen schönen experimentellen Befunden nichts zu beginnen, weil das Futter viel zu teuer ist; es ergeben sich aber überall dort, wo es darauf ankommt, Jungfische schnell zum Wachsen zu bringen, erfreuliche Perspektiven. Denn eines Tages wird die Chemie vielleicht auch die künstliche Herstellung des Thymushormons herausfinden.

Von Interesse ist auch, dass Thymusfütterung

die Fruchtbarkeit der Zahnkärpflinge bedeutend erhöht. Es ergab sich bei diesen lebendig gebärenden Tieren eine deutliche Vermehrung der Zahl der Würfe und ihrer Grösse.

Wasserhaushalt.

Der Salz- und Wasserhaushalt der Seefische ist deswegen von so grosser Bedeutung, weil die geographische Verbreitung vieler Arten an ein bestimmtes Salzmilieu gebunden ist. Es lassen sich, wie bekannt ist, drei Typen unterscheiden: Erstens solche Formen, die nach Belieben zwischen Süsswasser und stark salzhaltigem Seewasser wechseln können (Aal, Lachs, Forelle); zweitens solche, die noch brackiges Wasser vertragen können, aber nur gelegentlich ins Süsswasser aufsteigen (Flunder) und drittens solche, die ausschliesslich in stark salzhaltigem Wasser zu leben vermögen.

Vergleicht man die beiden extremen Typen mit einander, so ist zunächst festzustellen, dass Aal und Lachs imstande sind, ihre osmotischen Beziehungen zum Aussenmilieu vollkommen umzukehren. Ihr Blut ist im Seewasser stark hypotonisch, im Süsswasser stark hypertonisch. Man kann dies auch so ausdrücken, dass sie die Salzkonzentration ihres Blutes bei den verschiedensten Bedingungen einigermassen konstant erhalten können. Die an hohen Salzgehalt adaptierten Fische suchen dagegen ihr Blut stets hypotonisch zu erhalten.

Die **Regulation** des Wasserhaushalts der Seefische ist lange Zeit ein Rätsel gewesen und ist erst, wie bekannt ist, durch die Untersuchungen von Keys (8), der im Krogh'schen Laboratorium in Kopenhagen gearbeitet hat, sowie diejenigen von Homer Smith (17) in den Grundzügen aufgeklärt worden. Das schon lange vor ihnen erkannte Problem ist das folgende: Der Seefisch scheidet einen Harn aus, der hypotonisch zum Blute ist und hat ein Blut, das hypotonisch zum Seewasser ist. Er verliert daher ständig Wasser und müsste sich allmählich in eine Salzmumie verwandeln, wenn er nicht die Fähigkeit hätte, entweder salzfreies Wasser in sich aufzunehmen oder Salz auszuscheiden.

Die Experimente der genannten Forscher haben die Richtigkeit der zweiten Hypothese bewiesen. Der Fisch trinkt Seewasser und scheidet das mit ihm aufgenommene Salz zum grossen Teil durch die Kiemen wieder aus.

Eine vollständige Lösung des Problems ist aber mit diesen Feststellungen noch nicht gegeben. Es ist zweifellos, dass beim Wasser- und Salzhaushalt der Seefische auch die Beschaffenheit der Haut eine sehr grosse Rolle spielt. Ganz allgemein darf wohl behauptet werden, dass die Haut dem Fische einen osmotischen Schutz gewährt, also das Eintreten oder das Austreten von Wasser bei geringeren Salzschwankungen verhindert. Experimentell bewiesen kann dies werden, indem man den Wasserhaushalt unverletzter Tiere mit solchen vergleicht, die einen Hautschnitt erhalten haben. Diese letzten nehmen im ausgesüssten Wasser osmotisch erheblich mehr Wasser auf (Henschel (5)) Der Quantität nach ist der Hautschutz bei den einzelnen Arten wahrscheinlich sehr verschieden. Am geringsten dürfte er bei den stenohyalinen Arten entwickelt sein, am stärksten bei solchen Formen wie Aal oder Lachs. Bewiesen ist dies allerdings noch nicht. Dagegen konnte Henschel zeigen, dass die Flunder einen wesentlich grösseren Hautschutz besitzt als die Scholle.

Der Vergleich dieser beiden Arten, der in den letzten Jahren in Schilksee von Henschel durchgeführt worden ist, scheint mir von einer gewissen praktischen Bedeutung zu sein zur Beurteilung der Erfolgsaussichten der Überpflanzungen von Nordseeschollen nach der Ostsee. Wir unterscheiden vier Stadien:

1) Geringe Salzgehaltsverringerung von 20 auf 10 ‰.

Beide Arten verhalten sich ziemlich gleich, die Hypotonie des Blutes wird aufrecht erhalten, der Cl-Gehalt des Serums wird nur ein wenig verringert. Die in diesen Grenzen notwendige Regulation geschieht wahrscheinlich mit Hilfe der Salzausscheidung in der Kieme.

2) Stärkere Aussüssung auf 10—5 ‰.

Flunder. Sie behält ihren osmotischen Hautschutz, es tritt Hypertonie des Blutes ein, der Cl-Gehalt des Serums wird also nur noch wenig vermindert.

Scholle. Der osmotische Hautschutz wird bei manchen Individuen bereits unwirksam. Es tritt eine osmotische Wasseraufnahme ein, stärkere Verringerung des Cl-Gehalts des Serums, die Wasseraufnahme kann durch Harnausscheidung zum Teil wieder wett gemacht werden. Solche Individuen, die ihren Hautschutz behalten haben, verhalten sich ähnlich wie die Flunder.

3) Brackiges Wasser unter 5 ‰.

Die Flunder behält auch hier normalerweise ihren Hautschutz. Nur wenige Individuen verhalten sich abweichend. Bei ihnen sowohl als auch bei durch Hautschnitt verletzten Tieren lassen sich Hilfsmechanismen beobachten: Der osmotischen Wasseraufnahme und der Aussüssung des Blutserums wirkt entgegen eine vollkommene Einstellung des Trinkens und eine Erhöhung der Harnausscheidung.

Die Scholle zeigt bei fast allen Individuen starkes Nachlassen des osmotischen Hautschutzes. Es wirkt sich dies so aus, dass nicht nur Wasser in den Körper eindringt, sondern auch Salz ausgeschieden wird. Besondere Hilfsmechanismen besitzt die Scholle nicht oder die versagen. Das Trin-

ken, durch welches hypotonisches Wasser in den Körper hineinkommt, kann nicht eingestellt werden, der Harnfluss dagegen vermindert sich. Es treten gewisse Allgemeinschädigungen auf, nämlich eine starke Verminderung der Atmung und Lähmungserscheinungen, das heisst Steifwerden. Interessant ist, dass auch hierbei die Nordseescholle widerstandsfähiger ist als die endemische Ostseerasse.

4) Süsswasser (Pumpenwasser).

Bei der Flunder mehr oder weniger häufiges Versagen des Hautschutzes. Lähmungserscheinungen werden selten beobachtet. Ein Teil der Individuen verhält sich normal. Es ist ja auch bekannt, dass die Flunder gelegentlich weit in die Flüsse hinaufwandert.

Die Scholle geht entweder unter den beschriebenen Lähmungserscheinungen zugrunde oder sie stirbt, wie sich aus verschiedenen Anzeichen ergibt, an Erstickung. Das Blut solcher Tiere ist zum Teil hämolysiert.

5) Aqua destillata.

Beide Tierarten erleiden einen baldigen Erstickungstod (Hämolyse). Der Tod tritt aber bei der Flunder deutlich später ein.

Natürlich ergeben sich aus diesen Forschungen eine Reihe neuer Probleme. Vor allem wäre es wichtig, die Abhängigkeit dieser ganzen Erscheinungen von der Temperatur zu prüfen. Es ist auffallend, dass die Flunder hauptsächlich im Sommer in die Flüsse einwandert.

Atmungs- und Blutphysiologie.

Atmung.

Für die Meeresforschung ist meiner Meinung nach auch die Kenntnis der Atmungs- und der Blutphysiologie von einiger Bedeutung. Beides ist miteinander sehr innig verwoben, es ist aber trotzdem notwendig, bei der Behandlung des Stoffes eine Trennung vorzunehmen.

Die Atmung der Seefische ist wie die sämtlicher Kaltblüter sehr stark von der Temperatur abhängig. Bei quantitativer Untersuchung gelangt man zu einer Exponentialkurve, die bei einer gewissen für die Einzelnen Arten verschieden liegender Temperatur ihr Maximum erreicht, um dann steil abzufallen.

Ein anderer wichtiger Faktor für die Atmung der Seefische ist der Salzgehalt des Wassers, dessen sonstige Bedeutung wir schon kennen lernten. In Übereinstimmung mit zahlreichen Befunden an Wirbellosen kann festgestellt werden, dass auch bei den Seefischen der Atmungsprocess im stärker salzhaltigen Wasser leichter verläuft. Einen bindenden Beweis hierfür bilden die folgenden Sauerstoffausnutzungsversuche, bei denen sich zeigte, dass verschiedene Fische (Schollen, Flundern und Cottus) im schwachen Salzgehalt bei einem höheren Sauerstoffdruck zugrunde gehen als bei stärkerem Salzgehalt. Hierzu passt auch, dass die Flunder als typischer Brackwasserfisch viel mehr Blutkörperchen und einen höheren Hämoglobingehalt besitzt als die Scholle. Ebenso fällt der Vergleich zwischen Nordsee- und Ostseescholle zum Vorteil der letzten aus.

Ein dritter für die Atmung gerade der Seefische bedeutungsvoller Faktor ist die CO_2-Spannung des Wassers oder, was dasselbe ist, der pH desselben. Schon sehr geringe Mengen von Kohlensäure machen den meisten Seefischen das Atmen so gut wie unmöglich. Die Erklärung hierfür werden wir erst später sehen. Sicher scheint aber zu sein, dass das grosse Fischsterben, das im Sommer gelegentlich in manchen Teilen der Ostsee zu beobachten ist, auf diese specielle Wirkung zurückzuführen ist.

Weniger von Bedeutung für den Seefisch ist dagegen der **Sauerstoff,** der in der Binnenfischerei eine so grosse Rolle spielt. In den Binnengewässern kann gelegentlich auch grosser Sauerstoffmangel auftreten, und es ist sehr bekannt, dass die Ansprüche, welche die einzelnen Teich- und Flussfische an den O_2-Gehalt des Wassers machen, sehr verschieden sind.

Im freien Meere findet der Fisch wohl stets ausreichenden Sauerstoff. Eine Ausnahme machen höchstens die Grundfische. Hier ist aber noch das folgende Problem zu lösen. Der dem schlammigen Grund aufliegende Plattfisch benutzt zur Atmung das Wasser, das sich unmittelbar über dem Boden befindet. Die Beschaffenheit dieses Wassers ist, soviel ich weiss, noch unbekannt. Es müssten zu seiner Untersuchung wohl erst besondere Apparate konstruirt werden.

Der Sauerstoffbedarf des Fisches steht selbstverständlich in strengster Correlation zur Temperatur. Je höher dieselbe ist, umso höher liegt auch das zum Leben notwendige Minimum.

Man muss nun, um die gesamte Sachlage zu verstehen, zugleich die **Blutphysiologie** der Fische berücksichtigen. Es ist genügend bekannt, welche ausserordentliche Bedeutung heute die Blutuntersuchung in der menschlichen Medicin gewonnen hat. Bei jeder irgend schwereren Erkrankung wird der Arzt sofort das Blutbild des Kranken aufnehmen lassen. Bei den Fischen kann man vom Blut unmittelbar ablesen, wie aktiv das Tier ist, wie widerstandsfähig gegen ungünstige Einflüsse wie Verschlechterung des Wassers. Krogh (10) hat das unbestrittene Verdienst, als Erster auf die bemerkenswerte Tatsache hingewiesen zu haben, dass jedes Tier "sein specifisches Blut hat, das auf das genaueste auf seine Lebensbedürfnisse abgestimmt ist". Nach ihm haben amerikanische Forscher wichtige vergleichend-physiologische Untersuchungen über das Blut verschiedener Fische gemacht, aus denen etwa das folgende zu entnehmen ist. Zunächst eines: die Unterschiede zwischen dem Blut

der verschiedenen Fischarten sind viel grösser als etwa bei den Säugetieren. Der schnell schwimmende Hochseefisch, z. B. die Makrele hat ein hämoglobinreiches dafür aber anspruchsvolles Blut, das sich erst bei einer ziemlich hohen Sauerstoffspannung des Wassers sättigt. Der träge Grundfisch *Opsanus tau* hat hingegen ein hämoglobinarmes Blut, das dafür aber sehr anspruchlos ist. Es vermag noch die kleinsten Spuren von Sauerstoff dem Wasser zu entreissen. Auch die Blutmenge und die Ausbildung des ganzen peripheren Gefässystemes ist, wie die schöne Studie von Kishinouye (9) gezeigt hat, bei den makrelartigen Fischen viel höher als bei den anderen Fischen.

Das Fischblut ist ferner sehr stark abhängig von der **Temperatur.** Arktische Kaltwasserfische haben also ein völlig anders geartetes Blut als Warmwasserfische. Der an ziemlich kaltes Wasser angepasste Rochen *Raja oscillata* kan z. B. bei 25° sein Hämoglobin erst bei einer O_2-Spannung von ca. 160 mm. Hg, die ihm im Wasser nie zur Verfügung steht, annähernd sättigen. Andererseits gibt sein Blut bei 0.2° selbst bei einer Spannung von nur 20 mm. Hg kaum Sauerstoff ab.

Diese Beziehungen zur Temperatur sind nun für die Fische von ganz anderer Bedeutung als für die anderen Kaltblüter. Frösche, Molche und Eidechsen überdauern den ganzen Winter in einer Art von Winterschlaf. Bei den Seefischen mag ein solcher wohl hier und dort vorkommen, aber er ist keine allgemeine Erscheinung. Die Scholle z. B. laicht gerade in der kältesten Jahreszeit und der Dorsch hält wohl ganz entschieden überhaupt keinen Winterschlaf ab. Diese Tiere sind also innerhalb der Temperaturgrenzen von 0°—20° etwa *eurythermal*, und es ist bei der Temperaturabhängigkeit ihres Blutes eine interessante Frage, wie sie dieses überhaupt leisten können.

Ein ganz ähnliches Problem tritt uns bei den Fischen entgegen, die grosse nord-süd gerichtete Wanderungen ausführen; z. B. beim Thunfisch. Es muss in allen diesen Fällen mit der Möglichkeit gerechnet werden, dass das Blut mit der Saison seine Eigenschaften ändert.

Eine Eigentümlichkeit der Blutes fast aller Seefische ist die sehr grosse Empfindlichkeit gegenüber **Kohlensäure.** Die O_2-Sättigungskurve des Fischblutes wird schon durch ganz geringe Mengen CO_2 so stark herabgedrückt, dass eine genügende O_2-Aufnahme nicht mehr möglich ist. Im Einzelnen gibt es aber auch hier grosse Unterschiede. Wir haben z. B. in den letzten Jahren in Kiel feststellen können, dass das Blut der Flunder gegen Temperaturschwankungen und gegen CO_2 viel widerstandsfähiger ist als das der Scholle, und wir glauben mit dieser Feststellung einen nicht unwichtigen Beitrag zur Naturgeschichte unserer Nutzfische gegeben zu haben. Vielleicht zeigt dies auch, dass die theoretisch-physiologische Forschung auch einen gewissen praktischen Wert erlangen kann. Ich bin jedenfalls der Meinung, dass der experimentelle Nachweis, dass die Nordseescholle den oben genannten Faktoren gegenüber widerstandsfähiger ist als die in der Ostsee selbst heimische Rasse, den Männern, die ihre Arbeit darauf verwenden, den Fischbestand der Ostsee durch Überpflanzung von Nordseeschollen zu heben, eine willkommene Unterstützung sein könnte.

Für die Süsswasserfische hat Schlicher (15) nachgewiesen, dass die Blutkörperchenzahl im Jahrescyclus grosse Schwankungen aufweist. Die Zahl derselben steigt vor allem vor der Laichzeit beträchtlich an, um nachher wieder zu sinken. Bei den Seefischen ist bisher, soviel ich weiss, nichts ähnliches festgestellt worden.

Einen sehr bemerkenswerten Unterschied fand Lange (11) bei den Barschen des Süss- und des Brackwassers. Die zweiten besitzen beträchtlich mehr Blutkörperchen und mehr Homoglobin. Im künstlichen Versuch ist es dagegen nicht gelungen, eine Änderung des Blutbildes zu erreichen.

Wenn man den Versuch unternimmt, aus dem, was wir von der Atmungsphysiologie und der Blutphysiologie der Fische kennen lernten, ein einheitliches Bild zu gewinnen, so kann gesagt werden, dass die Abhängigkeit der Atmung von der CO_2 und vom Sauerstoff eine unmittelbare Folge der Eigenschaften des Blutes ist, welches der Fisch besitzt. Anders dagegen steht es mit der Temperatur. Hier summieren sich verschiedene Einflüsse zu einem bei zu hoher Temperatur unheilvollen Ganzen. Bei zu warmem Wasser steigt der Stoffwechsel und folglich das Atembedürfnis des Fisches ins Ungemessene, während gleichzeitig das Blut zu einem grossen Teile die Fähigkeit einbüsst, Sauerstoff zu binden. Hierzu kommt noch als Drittes hinzu, dass das Wasser selbst bei hoher Temperatur weniger Sauerstoff enthält.

Das Zusammenwirken dieser drei Faktoren bedingt die ausserordentliche Empfindlichkeit der Seefische gegen Hitze. Bei der Küstenseefischerei ist es eine bekannte Erscheinung, dass im Hochsommer die Sterblichkeit der Fische eine oft so grosse ist, dass sie mitunter alle schon auf der Heimreise in der Bünn zugrunde gehen und nur noch als Fischmehl Verwendung finden können. Es ist vielleicht nicht unnütz daraufhin zu weisen, dass es sich hier nur um eine schädliche Einwirkung der Temperatur handelt. Ebenso ist beim Hältern am Lande die Temperatur von Ausschlag. Ob es möglich wäre, die grossen Verluste, die die Seefischerei durch die geschilderten Processe erleidet, durch irgendwelche technische Massnahmen zu verringern, entzieht sich meiner Kenntnis.

Gänzlich unklar, auch vom physiologischen Standpunkt aus ist die verderbliche Wirkung von gewittriger Luft, die sich auch im Aquarium bemerkbar macht.

Ernährungsphysiologie.

Die Ernährungsphysiologie spielt eine sehr grosse Rolle bei der Binnenfischerei, da wir aber das Meer nicht zu düngen vermögen, haben die meisten Fragen, die sich auf die Ernährung der Seefische beziehen, nur theoretische Bedeutung. Eine der wichtigsten, schon an anderer Stelle erwähnten Erkenntnisse ist wohl, dass den Hochseefischen wie dem Hering stets ein Überfluss von Nahrung zur Verfügung steht, während die Bodenfische an Nahrungsmangel leiden können. Jeder einzelne Bodenfisch benötigt ein bestimmtes Mindestmass von Bodenfläche wie Weidegrund.

Unsere Anschauung von der Nahrungsaufnahme der Planktonfresser hat sich in den letzten Jahren sehr geändert. Die betreffenden Untersuchungen beziehen sich zwar auf Süsswasserfische, lassen sich aber ohne weiteres auf Seefische übertragen. Das Studium des Darminhaltes verschiedener Fischarten hat zunächst zu der Vorstellung geführt, dass die Fische imstande sind, aus einem Gemisch aller möglichen Planktonten ganz bestimmte Arten herauszufangen. Es wäre dies natürlich nur möglich unter der Leitung verschiedener Sinnesorgane, und dementsprechend sind eine Reihe verschiedener Hypothesen aufgestellt worden, nach denen die Augen, der Geruchsinn oder der Geschmacksinn die Auswahl treffen sollte. Alle diese Anschauungen bleiben aber sehr unbefriedigend. So ist es selbstverständlich, dass das Auge von einer gewissen Wassertiefe ab sowie in der Dämmerung und Nacht versagen muss. Auf der anderen Seite steht die Hypothese des rein mechanischen Abfiltrierens des Wassers mit Hilfe der bekannten Kiemenreusen. Diese Auffassung hat durch gewisse Experimente von Wunder (20) eine sehr grosse Stütze gefunden. Er zeigte in Aquariumsversuchen am Karpfen, dass dieser Fisch auch nach Ausschaltung des Gesichts- und des Geruchsinnes sehr wohl noch seinem Darm mit Plankton zu füllen vermag. Nicht einmal das künstliche Offenhalten des Maules hindert den Fisch. Hiermit dürfte das mechanische Abfiltrieren bewiesen sein, aber nun fragt es sich, wie ist die Monotonie des Darminhalts zu erklären, die zu der Buntscheckigkeit jedes Planktonfanges in Widerspruch steht. Wunder (20) und andere Autoren neigen zu der Auffassung, dass das Plankton in sich eine so strenge Vertikalschichtung zeigt, dass der Fisch, wenn er in derselben Wasserhöhe bleibt, automatisch nur ein und dasselbe Futter aufnimmt.

Eine Angelegenheit, die nur noch historisches Interesse besitzt, ist die Puetter'sche Theorie der parenteralen Ernährung, die seinerzeit nicht zuletzt gerade für die Fische erdacht wurde. Sie ist so gründlich widerlegt worden, dass es sich erübrigt, näher darauf einzugehen.

Von einem gewissen Interesse ist vielleicht noch die Tatsache, dass die Fische ausserordentlich lange zu hungern vermögen. Es ist uns dies ja schon lange von gewissen Wanderfischen wie dem Lachs bekannt, aber Demoll und Gaschott (2) haben in Experimenten gezeigt, dass eigentlich alle Fische, die untersucht wurden, auch die gefrässigsten Räuber über diese Gabe verfügen. Bei 7—10 Grad kann die Hungerzeit länger als 200 Tage dauern.

Die eigentliche Verdauungsphysiologie hat für unseren Kreis kaum irgend ein Interesse.

Verhältnismässig wenig läst sich auch über die **Fortpflanzung der Fische** vom physiologischen Standpunkte aus sagen. An sich liegen gerade hier eine grosse Menge sehr interessanter Probleme vor, aber sie sind mehr biologischer Art. So bin ich von sehr kompetenter Seite darauf aufmerksam gemacht worden, dass man nicht weiss, von welchen Faktoren die Eigrösse und die Eizahl der verschiedenen Fische abhängt. Es handelt sich aber hierbei um Eigenschaften, die sich im Laufe der Stammesgeschichte allmählich herausgebildet haben, genau wie irgendwelche morphologischen Merkmale. Mit physiologischen Mitteln kommen wir an diese Dinge gar nicht heran.

Einer physiologischen Frage begegnen wir dagegen in der grossen Empfindlichkeit der Fortpflanzungszellen gegenüber dem Salzgehalt des Wassers. Sie gilt nicht nur für die Fische, sondern mehr oder weniger für alle Seetiere. Die westliche Ostsee ist für diese Beobachtungen ein besonders günstiges Gelände. Eine grosse Anzahl von Tieren werden als befruchtete Eier oder als junge Larven durch nördliche Wasserströme mit salzreichem Wasser jährlich von neuem eingeschleppt, wachsen heran, vermögen sich aber nicht fortzupflanzen. Ein sehr typisches Beispiel hierfür ist der gewöhnliche Seestern. Die Samenfäden und Eier bedürfen also eines höheren Salzgehaltes als die älteren Stadien und die erwachsenen Tiere. Die Ursachen dieser Erscheinung kennen wir aber nicht. Biologisch wirkt sich die geschilderte Abhängigkeit bekanntlich so aus, dass viele Seetiere zur Laichzeit besonders salzhaltiges Wasser aufsuchen (nicht nur Fische, sondern z. B. auch die Wollhandkrabbe). Von Interesse ist ferner, dass Entsprechendes auch für die Spermien der Süsswasserfische gilt. Scheuring (14) hat nachgewiesen, dass die Beweglichkeit und Befruchtungsfähigkeit der Spermien bedeutend zunimmt, wenn man dem Wasser eine Salzlösung zusetzt.

Zur Fortpflanzungsbiologie gehören auch die jährlichen **Fluktuationen** der Nutzfische; aber auch sie sind ein Problem, über das physiologisch verhältnismässig wenig zu sagen ist. Ich erwähne es nur aus einem bestimmten Anlass. Den Kern der ganzen Frage hat Hjort (7) 1935 in seiner Schrift: "Human activities and life in the sea" in mustergültiger Weise herausgeschält. Ich möchte seine Ausführungen nur unterstreichen und auf eine breitere biologische Basis stellen. Es kommt

bei allen diesen Fluktuationen, die im ganzen Tierreich und im Pflanzenreich zu finden sind, darauf an, dass jeder Organismus in bestimmten zeitlich engbegrenzten Lebensphasen im höchsten Grade empfindlich gegen äussere Einwirkungen ist. Das beste Beispiel, das mir bekannt ist, ist die Fruchtbarkeit unserer Obstbäume. Wenn während der Baumblüte, die für die meisten Arten ja nur ein bis zwei Wochen währt, ein Wettersturz kommt, mit dem Erfolg, dass der Regen die Blüten entzwei schlägt und die Bienen wegen zu grosser Kälte nicht ausfliegen, ist die ganze nächstjährige Ernte vernichtet. Es ist vollkommen zulässig, diese Erfahrungen auf alle anderen Organismen, also auch auf die Fische zu übertragen. Die einzige Frage, die dabei hypothetisch bleibt, ist die folgende: Welches ist die empfindliche Lebensphase und worin bestehen die Schädigungen? Hjort tritt dafür ein, dass die empfindliche Phase die Zeit ist, in welcher die Fischchen aus dem Ei schlüpfen. Es ist dies in der Tat sehr wahrscheinlich. Dass die Ursachen der Fluktuationen meist nicht lokal sind sondern tiefer liegen, also kosmischer Art sind, ergibt sich sehr schön aus der Feststellung von Hjort, dass die procentuale Zusammensetzung des Alters der Heringsschwärme dem Alter nach an der Westküste und an der Ostküste des atlantischen Oceans die gleichen waren.

Hjort ist in der citierten Schrift von einer ganz anderen Fragestellung ausgegangen, als ich es hier tun möchte. Er leitet den Schluss ab, dass die willkürlichen Eingriffe des Menschen in den Bestand der Fische gegen die Eingriffe der Natur, d. h. die Fluktuationen nichts bedeuten und die Art nicht gefährden können. Zu dieser etwas schwierigen Frage, die kaum für alle Fische gilt, möchte ich hier nicht Stellung nehmen. Dagegen möchte ich die Aufmerksamkeit darauf richten, dass in der Frage der Fluktuationen eine Aufklärung der Fischer selbst dringend notwendig ist.

Das Abnehmen der Scholle in der westlichen Ostsee, das ganz sicher in früheren Zeiten auch schon beobachtet worden ist, in denen von Überfischung garnicht die Rede sein konnte, ist von unseren Fischen unmittelbar auf alle möglichen menschlichen Eingriffe zurückgeführt worden, während es sich in Wirklichkeit nur um ein Naturphänomen handelt, dem wir vollständig machtlos gegenüberstehen.

Mit den gemachten Ausführungen bin ich im wesentlichen am Ende angelangt. Der Vortrag am 11. Mai wird mir Gelegenheit geben, manche Einzelheiten noch näher zu beleuchten.

Zum Schluss dieses Aufsatzes möchte ich das Gesamtergebnis noch einmal kurz zusammenfassen. Meines Erachtens haben physiologische Studien in der Meeresforschung vor allem dort eine Bedeutung, wo der Mensch imstande ist, aktiv in den Haushalt des Meeres einzugreifen. Dies ist aber, wie man zugeben muss, nur in den seltensten Fällen möglich. — Ein solcher Fall ist aber sicherlich in meinem bisherigen Forschungsgebiet, in der Ostsee gegeben und zwar durch die Möglichkeit der Überführung anderer Fische in dieses verarmte Gebiet. Die Ostsee ist nicht nur dadurch gekennzeichnet, sondern auch ersichtlich durch eine gewisse Degeneration der endemischen Rassen. Diese Tatsache scheint mir durch unsere in den letzten Jahren durchgeführten Studien über die Ostseescholle bewiesen zu sein. Die physiologischen Studien haben hier zu einem Resultat geführt, das abweichend von dem ist, das mit anderen Mitteln der Meeresforschung erzielt worden ist. Die Transplantationen fremder Fische haben hierdurch in gewissem Sinne eine Rechtfertigung erfahren. Mit diesen Betrachtungen ist aber noch nicht das letzte Wort gesprochen. Es ist sehr wohl möglich, dass z. B. die Nordseescholle als solche der Ostseescholle überlegen ist, es könnte aber doch sein, dass sie in anderer Hinsicht versagt: Fortpflanzung, Aufsuchen der Laichgründe etc. Ich halte es daher für eine der dringendsten Aufgaben der Gegenwart, nach jeder Richtung die überpflanzten Tiere zu kontrollieren. Auch hierbei wird die physiologische Untersuchung von Wichtigkeit sein.

Literaturliste.

1) Craigie, E. H. A preliminary experiment upon the relation of the olfactory sense to the migration of the sockeye salmon. Trans. Roy Soc. Canada, Vol. 20, 1926.

2) Demoll, R. und O. Gaschott. Untersuchungen über den Stoffwechsel von Süsswasserfischen mit besonderer Berücksichtigung des Karpfens. Internat. Rev. d. ges. Hydrobiol. usw., Bd. 26, 1932.

3) Dykgraaf, S. Untersuchungen über die Funktion der Seitenorgane an Fischen. Zeitschr. vergleich. Physiol., Bd. 20, 1933.

4) Groebbels, Fr. Untersuchungen über den Einfluss des Thymus auf Wachstum und Fruchtbarkeit von Fischen. Pflügers Arch. f. die ges. Physiol., Bd. 235, 1934.

5) Henschel, Joh. Wasserhaushalt und Osmoregulation von Scholle und Flunder. Wiss. Meeresunters. Abt Kiel, Bd. 22, 1936.

6) Hickling, C. F. The natural history of the hake. P. 1—4. Fish. Invest., London, Ser. 2, 1930—1933.

7) Hjort, J. Human activities and life in the sea. 1936.

8) Keys, A. B. Chloride and water secretion and absorption by the gills of the eel. Zeitschr. vergleich. Physiol., Bd. 15, 1931.

9) Kishinouye, K. Contributions to the comparative study of the so-called Scombroid fishes. Journ. Coll. Agric. Tokyo Imp. Univ., Vol. 8, 1923.

10) Krogh, A. The respiratory function of the blood in the fishes. Journ. of Physiol., Vol. 52.

11) Lange, W. Untersuchungen über den Hämoglobingehalt, die Zahl und die Grösse der roten Blutkörperchen. Zool. Jahrb. Abt. Physiol., Bd. 36, 1919.

12) Parker, G. H. The crawling of young logger-head turtles toward the sea. Journ. Exper. Zool., Vol. 36, 1922.

13) Pipping, M. Der Geruchsinn der Fische mit besonderer Berücksichtigung seiner Bedeutung für das Auffinden des Futters. Soc. Sci. Fennica, Comm. Biol., Bd. 2, 1927.

14) Scheuring, L. Die Wanderungen der Fische. 1. u. 2. Ergebnisse der Biologie, 5 u. 6. 1929 u. 1930.

15) Schlicher, I. Vergleichend physiologische Untersuchungen der Blutkörperchenzahlen bei Knochenfischen. Zool. Jahrb. Abt. Physiol., Bd. 43, 1927.

16) Sklower, A. Über den Einfluss von Schilddrüsen- und Thymusfütterung auf die Körperlänge und das Gewicht der Forellenbrut. Zeitschr. f. Fischerei Bd. 25, 1927.

17) Smith, Homer M. Water regulation and its evolution in the fishes. Quart Rev. Biol. 7, 1932.

18) Strodtmann, S. Das potentielle Wachstum der Fische, insbesondere der Schollen. Forschungen u. Fortschritte. Jg. 11, 1935.

19) Ward, H. B. Responses of sockeye salmon to environmental influences during freshwater migration. Ann. and Mag. Nat.hist. Ser. 10, 6, 1930.

20) Wunder. Wie fangen pflanzenfressende Fische ihre Nahrungstiere? Versuche an Karpfen. Z. f. vgl. Physiol. Bd. 17, 1932.

Eine sehr vollständige Literaturübersicht findet sich in dem in Erscheinen begriffenen Werk von Prof. Wunder, Breslau, über die Physiologie der Fische.