

Marine Fischereibiologie und allgemeine Meeresbiologie

Von A. BÜCKMANN*, Hamburg

Die marine Fischereibiologie ist ein Zweig der angewandten Biologie. Damit ist gesagt, dass sie ihre Aufgabe darin zu sehen hat, die Erkenntnisse der reinen Biologie auf die nutzbaren Lebewesen des Meeres anzuwenden und bezüglich derselben so zu vertiefen, dass ein möglichst grosser wirtschaftlicher Nutzen aus ihnen gezogen werden kann.

Damit ist aber auch zugleich gefordert, dass die reine Meeresbiologie einen Vorsprung vor der Fischereibiologie haben muss. Es müssen ja Erkenntnisse vorhanden sein, die angewandt werden können. Wie hat es nun in der Geschichte der Meeresforschung mit diesem Vorsprung gestanden, wie steht es heute damit?

In der Tat ist die Meeresforschung einige Jahrzehnte älter als die Fischereibiologie. Sie erlebte ihren ersten Frühling um die Mitte des vorigen Jahrhunderts. Im Jahre 1845 war es, als JOHANNES MÜLLER in Helgoland zum ersten Male feine Gazeetze benutzte, um Meeresplankton damit zu fangen. So eröffnete er den Biologen eine ganz neue Welt der Organismen, die bis dahin unbekannt war. Etwa zwei Jahrzehnte später fand man bei der Untersuchung des Meeresbodens für die Verlegung der transatlantischen Kabel entgegen den bisherigen Lehrmeinungen eine formenreiche Tierwelt in den grossen Meerestiefen. Das leidenschaftliche Interesse der Biologen an der Welt des Planktons und der Tiefseefauna gab die Veranlassung zu den grossen Meeresexpeditionen, angefangen vom Challenger 1872 bis 1876 bis zur deutschen Tiefsee-Expedition der Valdivia 1898, und zur Gründung der ersten biologischen Meeresstationen, vor allem der berühmten Zoologischen Station in Neapel durch Anton Dohrn.

Was aber war es, das eine ganze Forschergeneration mit solchem Einsatz und mit solcher Leidenschaft auf die Erforschung des Lebens im Meere ausrichtete? Es war die Tatsache, dass die vergleichend-anatomische und entwicklungsgeschichtliche Untersuchung der Meeresorganismen Entscheidendes beizutragen vermochte zur Begründung der Theorie, die das ausgehende 19. Jahrhundert im tiefsten bewegte, der Abstammungslehre. Das ganze Reich der Organismen als eine Einheit sehen und auch den Menschen darin einbeziehen zu dürfen, das erschien als ein zentrales

Anliegen des Menschen, das zog die besten Geister magisch an, und die Erforschung der Meeresorganismen mit ihrer grossen Formenmannigfaltigkeit und ihrer zur Beurteilung stammesgeschichtlicher Zusammenhänge so wesentlichen Entwicklungszyklen und Larvenformen war hierfür unerlässlich.

Bei diesen Untersuchungen entwickelten sich aber auch bald ganz neue Fragestellungen, vor allem solche tiergeographischer Art. Die Gleichartigkeit der Tierwelt der circum-tropischen Zone, die Ähnlichkeit der Fauna beider Polargebiete wurden festgestellt und ihre Ursachen erörtert, die Tiefenverbreitung des Planktons untersucht u. a. m.

Nicht viel später als diese erste Forschungswelle erhob sich eine zweite, deren Anstoss nun aber praktisch-wirtschaftliche Fragen waren. Es handelt sich um die Ausnutzung des Meeres zur Volksernährung.

Die Seefischerei ist, wie wir wissen, Jahrtausende alt. Sie hat aber im vortechnischen Zeitalter nur zur Ernährung der Küstenbevölkerung beitragen können. Nur wenige ihrer Erzeugnisse eigneten sich zur Konservierung und zum Transport ins Binnenland. Das galt fast nur für den Hering, und das war wie bekannt eine Ausnahme von historischem und politischem Gewicht. Bei den Kämpfen zwischen England und Holland, beim Niedergang der Hanse spielte der Heringsfang eine Rolle.

Das Zeitalter der Technik lieferte sowohl den Anreiz wie die technischen Voraussetzungen zur Intensivierung der Seefischerei. Mit der Industrialisierung und der Zunahme der Bevölkerungsdichte wurde die Ernährung der Volksmassen ein Problem. Die Einführung der Maschinenkraft in die Seefischerei ermöglichte die Verwendung immer grösserer und wirksamerer Geräte, machte den Fang unabhängig von Wind und Wetter, rückte neue, ergiebige Fanggründe in den Bereich der Seefischerei. Die grössere Ausbeute an Seefischen aber konnte, durch Eis künstlich frisch erhalten, mit Hilfe der Eisenbahn schnell einem grossen Verbraucherkreis zugeführt werden. Grosse Flotten von Kuttern, Fischdampfern, Loggern und Driftern begannen die heimischen Meere zu bevölkern.

Es zeigte sich aber bald, dass die Erträge nicht unbegrenzt zu steigern waren. Die Ausbeute des einzelnen Fahrzeuges ging anfangs langsam, dann, wenn schon stark schwankend, immer schneller zurück. Man

* Institut für Fischereibiologie, Universität Hamburg.

musste immer neue und weiter entfernte Gebiete aufsuchen, um ausreichenden Fang zu sichern. Es entstand das Wort von der «Überfischung der Meere». Und noch ein anderes: Die Vorfahren waren es gewohnt gewesen zu warten, bis die Schwärme der Nutzfische an ihren Küsten erschienen, und wussten, dass die Ausbeute grossen, teils kurz-, teils langfristigen Schwankungen unterworfen war. Das war bei der neuen Wirtschaftsform unerträglich. Seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts hatte sich an der Skagerrakküste der schwedischen Provinz Bohuslän eine ergiebige Winterfischerei auf Heringe entwickelt, die alljährlich viele Millionen Kilogramm lieferte. Schon in früheren Jahrhunderten hatte man hier und an der Westküste Norwegens solche Perioden reicher Heringsfänge gekannt, die gekommen und wieder gegangen waren. Jetzt brach die Bohuslän-Fischerei im Jahre 1896 ganz plötzlich wieder zusammen. Wo lagen die Ursachen solcher säkularen Schwankungen? Hatten die Heringszüge ihre Bahn geändert? Und wenn, weshalb hatten sie es getan, und wo konnte man sie jetzt fangen? War der Fischbestand des Meeres wirklich durch Überfischung bedroht? Konnte man durch intensive Fischerei einen Nutzfischbestand im Meere ausrotten, wie das nachweislich mit einzelnen Grosswildarten, Meersäugern usw. in historischer Zeit geschehen war?

Diese Fragen konnte die biologische Forschung jener Zeit nicht beantworten. Die bisherige systematisch-entwicklungsgeschichtlich-tiergeographische Forschung konnte dazu nichts beitragen. Nicht einmal die Entwicklungsstadien, geschweige denn der Lebenskreislauf der wichtigsten Nutzfische waren bekannt. Eine neue ökologisch ausgerichtete Meeresforschung musste diese Probleme zu lösen suchen.

So kam es, dass gleichzeitig und eng verbunden miteinander die reine Meeresbiologie ökologischer Prägung und die marine Fischereibiologie neu aufgebaut wurden. Sicherlich war es von Nachteil für die Fischereibiologie, dass die reine Meeresforschung nicht mit einem Vorsprung vor ihr in das Rennen ging. Aber sie selbst hatte zunächst eine gewaltige Vorbereitungsarbeit zu leisten. Sollte der Ertrag der Seefischerei verbessert werden, so musste der Biologe die Seefischerei selbst und ihren Ertrag erst einmal kennen lernen, das heisst, es musste eine Anlandungsstatistik aufgezogen und durch Marktmessungen die Grösse der angelandeten Fische ermittelt werden; man musste die Entwicklungsstadien der Nutzfische, ihre Nahrung, ihre Wanderungen kennen lernen. Und andererseits hatte die reine Meeresforschung den Vorteil von dem massiven wirtschaftlichen Interesse, das hinter der Fischereibiologie stand. In allen seefischereitreibenden Ländern wurden jetzt Forschungsdampfer gebaut, man konnte die Apparate entwickeln und auf regelmässigen Forschungsreisen betätigen, die nötig sind, um Beschaffenheit und Bewegungen des Meerwassers zu erforschen

und um seine Lebewelt vom einzelligen Plankton bis zum Nutztier zu fangen und der Beobachtung und Messung zugänglich zu machen. Neue Meeresstationen wurden gegründet, die in gleicher Weise und enger Gemeinschaft Fischereibiologie und allgemeine Meeresbiologie fördern sollten, so die Biologische Anstalt Helgoland.

Diese gemeinsame Arbeit war für beide Teile sehr fruchtbar. Das zeigt sich sehr schön an dem Lebenswerk der beiden führenden deutschen Meeresforscher dieser Epoche, VIKTOR HENSEN und FRIEDRICH HEINCKE.

Der Kieler Physiologe HENSEN¹ und nach ihm BRANDT², angeregt durch die fischereibiologischen Fragen, richteten ihre Forschungen von vornherein auf das Allgemeine und Grundsätzliche: HENSEN begann, den Stoffhaushalt im Meere zu erforschen, eine Aufgabe, die in dieser gigantischen Allgemeinheit für festländische Räume unlösbar erscheint, die aber im Meere, in dem die äusseren Bedingungen über weite Areale hin verhältnismässig gleichförmig sind, mit Aussicht auf Erfolg angegriffen werden konnte. Als Ausgangspunkt wählte HENSEN die Produktion pflanzlichen Planktons, des wesentlichen Erzeugers organischer Substanz im Meere, und entwickelte zu seiner Untersuchung die quantitative Planktonmethodik. BRANDT ergänzte seine Arbeiten durch die Untersuchung der Minimumstoffe, vor allen Dingen der P- und N-Verbindungen, als der potentiellen Begrenzer der Pflanzenentwicklung. Ein rein wissenschaftliches Problem von grösster Tragweite wurde hier angefasst. Da aber der Umfang der Phytoplanktonproduktion letzten Endes auch die Fischproduktion im Meere bestimmt, so ergab sich dabei alsbald ein fischereibiologisch bedeutsames Ergebnis: Nur dort, wo das Phytoplanktonleben reich war, konnten die Lebensbedingungen für einen reichen Fischbestand gegeben sein, nur in solchen Gebieten brauchte man nach neuen Fangplätzen Ausschau zu halten. Und noch mehr: Die Eier der meisten Nutzfische sind planktonisch und können mit geeigneten Planktonnetzen quantitativ gefangen werden, und zwar innerhalb der begrenzten Laichzeiten auf den begrenzten Laichplätzen. Da nun aber die Eiproduktion unzweifelhaft eine Funktion der Grösse des Fischbestandes ist, ergab sich hier eine Methode zur Abschätzung dieser Grösse und ihrer Veränderungen, etwa ihrer Abnahme unter dem Einfluss der Fischerei. Und diese Methode war viel aussichtsreicher als der Versuch, die Grösse des Fischbestandes durch zahlreiche weit verteilte Fischfänge zu bestimmen!

HEINCKE³ aber schuf in seiner Methode der Rassenuntersuchungen an Heringen als erster das Mittel, die

¹ V. HENSEN, Jber. Comm. Untersuchung deutsch. Meere, Kiel 1877–1881, 1. Abt. Kiel (1887); 1882–1886 (1887).

² K. BRANDT, Ber. deutsch. wiss. Komm. Meeresforsch. N. F. 1, 67 (1924).

³ FR. HEINCKE, Jber. Comm. Unters. deutsch. Meere Kiel 1874–1876 und 1877–1881 (Kiel 1878 und 1882); Abhandlg. deutsch. Seefischereivereins 2, 1 (1898).

Wanderung des Herings zu verfolgen. Damit konnte er die irrigen Anschauungen, die über dieses Phänomen im allgemeinen und die Ursachen der Heringsperioden an der Bohuslänküste im besonderen bestanden, widerlegen. Bei seinen Untersuchungen über die Rassenmerkmale aber, die er in den Proportionen des Heringskörpers, der Kopflänge und -Breite, der Stellung der Flossen und des Afters, der Zahl der Wirbel, Kielschuppen, Flossenstrahlen fand, wurde er tief in Variabilitätsstudien hineingeführt. Denn alle diese Merkmale wiesen eine grosse Variationsbreite auch bei Angehörigen derselben Rasse auf, und nur in den Mittelwerten unterschieden sich die Rassen mehr oder weniger weit in statistisch gesicherter Weise. HEINCKE konnte zeigen, dass es keines seiner Merkmale gibt, in denen sich nicht sogar die Variationsbreiten von Hering und Sprott gelegentlich überschneiden, wenn auch die Summe der Merkmale niemals einen Zweifel darüber liess, ob es sich um einen Hering oder einen Sprott handelte. Diese Befunde hatten grossen Einfluss auf die deszendenztheoretischen Vorstellungen seiner Zeit – sie lieferten ein erstes Modell dafür, wie die Differenzierung der Arten erfolgt sein könnte.

Wenn der Fischereibiologe HEINCKE der allgemeinen Biologie und der Physiologie HENSEN der Fischereibiologie entscheidende Dinge zu sagen hatten, so ist das ein Beweis dafür, dass die gemeinsame Förderung der reinen und angewandten Meeresbiologie eine fruchtbare und aussichtsreiche Sache war, und sie ist es auch heute noch.

Wir können nicht den Gang der Forschung in den mehr als 6 Dezennien, die seither verflossen sind, hier verfolgen. Vollständigkeit wäre dann bei solchem Unterfangen ganz unmöglich. Es sind viele der Forschungen, mit denen man begann, auch heute noch nicht völlig abgeschlossen. Zum Beispiel ist bezüglich der Entwicklungsgeschichte der Meeresorganismen, besonders der Meeresalgen, noch vieles zu ergründen.

Von Bedeutung ist es dagegen darzustellen, wie in Verfolgung ihrer eigenen Probleme Fischereibiologie und allgemeine Meeresbiologie sich wieder in der Anwendung einer Forschungsmethode trafen. Die allgemeine Meeresbiologie war, stark beeinflusst durch die Forscherpersönlichkeiten eines HENSEN, PETERSEN⁴, LOHMANN⁵ u. a., zentral auf die Erforschung des Bevölkerungsproblems eingestellt, auf die Erforschung der Ursachen, die jeweils die Mengenentfaltung der Organismen und ihre Verteilung im Raume bestimmen. Dies Problem beherrschte zum Beispiel auch die biologischen Arbeiten der „Meteor“-Expedition⁶.

Zwei Fragen schoben sich für die Fischereibiologie in den Vordergrund. Wie wandern die Fische und wie werden diese Wanderungen durch äussere Faktoren

bestimmt und modifiziert?⁷ und weiter: Welchen Einfluss hat die Fischerei auf die Nutzfischbestände⁸? Dieser letzten Frage zunächst suchte man dadurch näher zu kommen, dass man den Fischbestand laufend durch Stichproben untersuchte. Man hoffte, auf diese Weise den Einfluss der Veränderungen in der Fischerei zu erkennen, die infolge wirtschaftlicher und technischer Entwicklungen, vor allem aber infolge der Einschränkung der Fischerei während der Weltkriege und ihre Wiederaufnahme nach deren Schluss, im Fischbestand eintraten. Daraus glaubte man grundsätzlich den Einfluss der Fischerei auf die Bestände erkennen zu können.

Nun fand man freilich grosse Veränderungen in der Dichte, der Alters- und Grössenzusammensetzung⁹, dem Wachstum der Fische¹⁰, die nähere Analyse aber zeigte, dass diese nur zum Teil auf die Veränderungen der Fischerei, zum Teil aber auf naturbedingte, fluktuierende Schwankungen im Bestande zurückzuführen waren. Es stellte sich die methodische Frage, beide Erscheinungen voneinander zu trennen, die wissenschaftlich tiefere aber, Natur und Ursachen der natürlichen Schwankungen zu ermitteln.

Da zeigte es sich denn, dass der Nachwuchs, der aus dem Laichprozess eines jeden Jahres hervorging, sehr verschieden stark war. Es gab reiche, mittlere und arme Jahrgänge in unregelmässigem Wechsel. Die Entscheidung über den Ausfall der Jahrgänge aber fiel, wie man nachweisen konnte, in den ersten Lebensmonaten, während der pelagischen Entwicklungsphase. Die Schwankungen des Wachstums dagegen waren verschiedenen Ursachen zuzuschreiben: der Temperatur des Biotops oder der Nahrungsmenge, die dem einzelnen Individuum zur Verfügung stand, sei es, dass die Menge der Nährtiere selbst schwankte oder dass die verschiedene Menge der heranwachsenden Fische auf eine im wesentlichen – in der Summe verschiedener Nährtiere – konstante Nahrungsmenge angewiesen war.

Ausser diesen kurzfristigen Schwankungen, die man kurz und allgemein als Fluktuationen bezeichnet, haben wir in den letzten Jahren auch langfristige Schwankungen kennengelernt. Das Paradebeispiel ist die Erwärmung der polaren und subpolaren Gebiete der Erde und ihre biologischen Folgen, die in einer sehr erheblichen Faunenverschiebung bestehen¹¹. Wahr-

⁷ A. V. TANING, Cons. internat. Explor. Mer. J. Rapp. Proc. Verb. 89, 3^e pte. Nr. 2 (1934); Cons. internat. Explor. Mer. 12, 1 (1937).

⁸ E. S. RUSSELL, Cons. internat. Explor. Mer. Rapp. Proc. Verb. 110, 5 (1939).

⁹ *Fluctuations in the Abundance of the Various Year classes of Food Fishes*, 20 Arbeiten verschiedener Autoren, Cons. internat. Explor. Mer. Rapp. Proc. Verb. 65, 1 (1930).

¹⁰ *Rate of Growth*, 18 Arbeiten verschiedener Autoren, Cons. internat. Explor. Mer. Rapp. Proc. Verb. 108, 1 (1938).

¹¹ *Climatic Changes in the Arctic in Relation to Plants and Animals*, 9 Arbeiten verschiedener Autoren, Cons. Perm. internat. Explor. Mer. Rapp. Proc. Verb. 125, 5 (1949).

⁴ C. G. JOH. PETERSEN, Rep. Danish biol. Stat. 15 (1918).

⁵ H. LOHMANN, Wiss. Meeresunters. Kiel 10, 129 (1908).

⁶ E. HENTSCHEL, Wiss. Erg. deutsch. atlant. Expedition «Meteor» 10, 1 (1932).

scheinlich haben wir es bei den vorerwähnten Heringsperioden mit verwandten Phänomenen zu tun.

Die Methode, mit der wir die aus alldem sich ergebenden Fragen angreifen mussten, war zuerst und zunächst die Durchführung von Terminfahrten. Man untersuchte ein möglichst ausgedehntes Gebiet wiederholt, sei es alle Jahre zur gleichen Jahreszeit oder auch öfter, etwa während der ganzen Zeit des Laichens und der planktonischen Jugendentwicklung einer Art. So stellte man einmal rein pragmatisch die Schwankungen in der Stärke der Jahrgänge, im Wachstum, in der Menge der erzeugten Brut, in der Ausdehnung und Richtung ihres Transportes mit den Meeresströmungen fest. Zugleich aber wurden Untersuchungen über die physiographischen Verhältnisse ausgeführt, so dass man ein Bild der hydrographischen Verhältnisse des Gebiets zu der betreffenden Zeit erhielt, der Wasserbewegungen und der Wasserbeschaffenheit. Dazu kamen dann aber auch die Verhältnisse des belebten Lebensraumes, das heisst die Mengenverteilung des Planktons nach Arten und Entwicklungsstadien, der Ablauf der Entwicklung, der Massenwechsel bei den Bodentieren usw.¹².

Man sieht, dass hier die Interessen der Fischereibiologie und der allgemeinen Meeresforschung wieder völlig zusammenliefen. Für beide handelte es sich darum, die Massenentfaltung des Meereslebens nach Arten und Entwicklungsstadien getrennt zu ermitteln und zu vergleichen mit der regionalen Verteilung der Umweltbedingungen und daraus Schlüsse zu ziehen auf die Ursache der verschiedenartigen Massenentfaltung. Die gleiche Methode bietet sich auch für die Analyse der Fischwanderungen, wobei mehr und mehr an die Stelle der zeitraubenden Versuchsfänge zur Ermittlung der Verteilung der wandernden Fischschwärme die Echoortung tritt¹³. Parallel dazu erfolgt natürlich wiederum die Bestimmung der Temperatur, des Salzgehalts, der Trübung, der Verteilung der Minimumstoffe, des Phytoplanktons.

Es sei bemerkt, dass man bei der Bestimmung der Planktonmengen bemüht ist, die zeitraubenden Zählungen zu vermeiden¹⁴. Man kann zum Beispiel statt dessen den Chlorophyllgehalt einer Wasserprobe mit dem darin enthaltenen Plankton photometrisch bestimmen und darf annehmen, dass dieser Gehalt ein Mass für die Menge des lebenden Phytoplanktons ist. Allerdings kennen wir noch nicht genau die Grösse des Fehlers, die dadurch entsteht, dass Chlorophyll abgestorbener Pflanzen im Detritus und im Wasser länger bestehen bleibt. – Die Bestimmung der Gesamtmenge

des lebenden tierischen und pflanzlichen Planktons will man durch die chemische Bestimmung der Quantität des Eiweisses erreichen, hat aber auch dabei mit ähnlichen Fehlerquellen zu rechnen¹⁵.

Die Entwicklung der reinen und angewandten Meeresforschung verlief nicht etwa nur in Deutschland und den in der „Internationalen Meeresforschung“ zusammengeschlossenen nordeuropäischen Ländern in den hier geschilderten Bahnen, sondern in der ganzen Welt. Das zeigt ein Vergleich der Thematik der Veröffentlichungen des Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer (Kopenhagen) mit denen zum Beispiel der International Commission for Northwest Atlantic Fisheries, des Conseil International pour l'Exploration de la Méditerranée, der Interamerican Tropical Tuna Commission (La Jolla), der International Fisheries Commission (Seattle), der Japanischen Meeresforschung und des Marine Research Coordination Council sowie der Veröffentlichungsreihen der einzelnen Länder und Institute. Die gleichen Ziele werden überall auf grundsätzlich gleichen Wegen angestrebt.

Bei alldem erfreut sich die Meeresforschung nicht eines so allgemeinen Interesses unter den Biologen, wie es bei der alten vergleichend-anatomisch-entwicklungsgeschichtlichen Forschung der Fall gewesen ist. Das liegt an der grundsätzlichen weiteren Entwicklung der gesamten biologischen Forschung. Das augenfällige Interesse hat sich anderen Dingen zugewandt. Auch die grosse Zeit der phylogenetischen Forschung ist vorübergegangen. Man fragte nicht mehr, wie der Stammbaum der Tiere aussieht, sondern wie die Mannigfaltigkeit der existierenden Formen durch das Zusammenspiel von Vererbung, Veränderlichkeit und Selektion entstanden zu denken ist. Zu diesem Zwecke beschritt man den Weg der experimentellen Genetik. Man suchte nach Ursachen und Wirkung in der Gestaltung der Individuen.

Das ist indessen nur ein Beispiel für die Hinwendung zur experimentellen Analyse der Kausalbeziehungen in der Biologie, zu dem, was BÜNNING im weitesten Sinne unter physiologischer Forschung versteht. Nun ist es die Methode dieser physiologischen Forschung, jeweils nur ein gewisses Reaktionssystem des Organismus ins Auge zu fassen und diese Reaktionen zu prüfen, wobei jeweils die Bedingungen der Umwelt konstant gehalten werden bis auf eine, die variiert wird. So werden, eine nach der anderen, die physiologischen Gesetzmässigkeiten erforscht.

Indessen fordert diese Art der Forschung einen einigermaßen bequem zu handhabenden Organismus, und zwar nach Möglichkeit einen Organismus, dessen allgemeine Eigenschaften schon von vornherein einigermaßen gut bekannt sind und nicht jeweils vor dem Experiment erst geprüft werden müssen. Am besten

¹² Cons. Perman. internat. Explor. Mer, Kopenhagen, Ann. biol. Vol. 1–11, 1939–1955.

¹³ J. E. FURNESTIN *et al.*, Inst. Pêches Maritimes du Maroc. Bull. 1, 3 (1953). – D. H. CUSHING, Cons. internat. Explor. Mer, J. 18, 45 (1952).

¹⁴ H. HARVEY, J. Mar. Biol. Assoz. Plymouth 19, 761 (1934). – G. A. RILEY, Internat. Rev. Hydrograph. Hydrobiol. 36, 371 (1938). – J. KREY, Cons. intern. Explor. Mer 14, 201 (1939).

¹⁵ J. KREY, Kieler Meeresforschungen Kiel 8, H. 1, 16 (1951).

fährt der Physiologe mit Organismen aus seit vielen Generationen unter Kontrolle gezüchteten Stämmen. Die meisten Meeresorganismen ertragen es nicht, dass eine grosse Anzahl von Umweltbedingungen willkürlich fixiert wird, und sie stehen nicht in alten Zuchtstämmen zur Verfügung. Die Züchtung von Meeresorganismen ist im allgemeinen keineswegs einfach, besonders nicht, wenn pelagische Stadien in den Lebenskreislauf eingeschaltet sind, und bei sehr vielen Arten ist der Generationsabstand recht beträchtlich. Die Tiere pflanzen sich erst nach einem oder mehreren Jahren fort. Es ist deshalb nicht verwunderlich, wenn sich die physiologische Forschung zunächst leichter zu handhabenden Organismen zuwandte. Möglicherweise hatte sie dabei den Nachteil in Kauf zu nehmen, dass sie bei einfachen Meerestieren die primitiveren Reaktionsweisen hätte kennenlernen können, bei den üblichen Versuchstieren aber von vornherein auf kompliziertere und spezialisiertere stiess.

Die natürliche Folge war ein gewisses Desinteresse der Biologie an den Meeresproblemen.

Die zentralen Probleme der Meeresökologie kann man nur schwer mit experimentellen Methoden angreifen. Dazu würde es gehören, den unabsehbaren Lebensraum des Meeres mit seinem örtlichen und zeitlichen Wechsel im kleinen unter kontrollierten Bedingungen nachzuahmen. Es leuchtet ein, dass das nahezu unmöglich ist. Aber die Methode der Meeresökologie, die wir früher geschildert haben, liefert uns Ergebnisse, die letzten Endes doch nur Deutungen sind, Deutungen vielleicht von so hohem Wahrscheinlichkeitsgrad, dass man sie ruhig als richtig annehmen kann. Wir haben mit grossem Erfolg versucht, aus den Experimenten zu lernen, die die Natur macht. Allerdings haben wir dabei keine Möglichkeit, die Versuchsbedingungen zu beeinflussen. Die Sicherheit der Schlussfolgerungen einer Kausalanalyse durch das in jeder Beziehung kontrollierte Experiment haben unsere Ergebnisse nicht.

Ich bin aber der Meinung, dass wir uns aus diesen Beobachtungen Vorstellungen gebildet haben, die doch nunmehr experimentell nachgeprüft werden können und müssen. Diese ersten Schritte auf diesem Wege sind, wie zu erwarten stand, ausserordentlich mühsam. Aber einige Ergebnisse sind doch bereits erzielt worden, die für die zentralen Fragen unseres Forschungsgebietes von Bedeutung sind. (Einige ziemlich willkürlich ausgewählte Beispiele sind unter ¹⁶ angeführt.)

Als Beispiel derartiger Untersuchungen können auch einige Versuchsreihen dienen, die im Max-Planck-

Institut für Meeresbiologie in Wilhelmshaven begonnen und später in Hamburg fortgesetzt wurden. Man findet im Meer in bestimmten, teilweise sehr ausgedehnten Gebieten verschiedene Wasserarten übereinander geschichtet. Die Abgrenzung kann überraschend scharf sein. Innerhalb weniger Dezimeter können sich Temperatur und Salzgehalt nach der Tiefe zu sehr stark ändern. Man spricht dann von Sprungschichten. Diese Sprungschichten hatte das Forschungsschiff „Gauss“ 1950 in der nördlichen Nordsee untersucht¹⁷. Bei den gleichzeitigen Echolotungen hatte es sich gezeigt, dass die Heringsschwärme, die sich des Tages in der Nähe des Bodens aufhalten, des Nachts in höhere Wasserschichten aufsteigen, und zwar gerade bis zu der in diesem Gebiet sehr scharf ausgebildeten Sprungschicht. Mit den selbstschreibenden Echoloten kann man heute die Bewegungen von Fischschwärmen sehr genau verfolgen. Bei Tagesanbruch gingen die Schwärme wieder zum Boden herab. Welchen Einfluss hat die Sprungschicht auf den Hering? Für eine etwas abweichende Fragestellung hatte HARDER¹⁸ auf meine Anregung eine Apparatur geschaffen, die es gestattete, Seewasser von verschiedener Beschaffenheit, etwa Nordsee-, Küsten- und Brackwasser, in Gefässen und Aquarien übereinander zu schichten. Die Versuchstiere konnten in beliebige Schichten eingesetzt werden. Als wir in so geschichtetes Seewasser Copepoden einsetzten, zeigte es sich, dass diese sich in Massen an der Grenzfläche zweier verschiedener Wasserarten ansammelten, während sie in den einzelnen Wasserkörpern nur in mässiger Zahl verteilt waren. Inzwischen hat man auch im freien Meer an geeigneter Stelle eine Planktonansammlung in der Sprungschicht nachweisen können¹⁹. Da nun der Hering vorzugsweise Copepoden frisst, so ist es durchaus möglich, dass das Aufsteigen in die Sprungschicht sich als eine Nahrungswanderung erklärt, andererseits ist auch die Deutung möglich, dass der Hering es nur vermeidet, in Wasser von andersartiger Beschaffenheit überzugehen, und dass er deshalb nicht durch die Sprungschicht hinaufstösst. Erste Versuche von HARDER²⁰ mit Heringen in geschichtetem Wasser ohne Nahrungsgehalt lassen das als möglich erscheinen. Weitere Versuche müssen folgen. Weiter aber müssen wir die Fragen klären, auf welche Dichteunterschiede und auf welche Schärfe der Schichtung die Copepoden noch mit Ansammlungen reagieren und wodurch diese Reaktion eigentlich bedingt ist.

Eine experimentelle Ökologie ist, wie man sieht, möglich und kann Ergebnisse liefern, die die Deutung

¹⁶ H. O. BULL, *Studies in Conditioned Responses in Fishes I-IX*, Rep. Dove Mar. Lab. Newcastle on Tyne IV: 1934, VI: 1935, VIII: 1937, IX: 1939. J. Mar. Biol. Assoz. U. K. Plymouth III: 20 347 (1935); V: 20, 365 (1935); VII: 21, 1 (1936). – V. E. SHELFORD and E. B. POWERS, Biol. Bull. Woods Hole 28, 315 (1915). – C. E. LUCAS, Cons. internat. Explor. Mer. J. 11, 343 (1936). – P. DOUDOROFF, Biol. Bull. Woods Hole 75, 494 (1938).

¹⁷ G. KREFFT, *Fischereiwelt und Fischindustrie* 3, 93 (1951).

¹⁸ W. HARDER, *Mitteil. fischereibiol. Abt. des Max-Planck-Instituts für Meeresbiol. in Wilhelmshaven* 1, 21, 28 (1952).

¹⁹ K. HANSEN, Cons. internat. Explor. Mer. J. 17, Nr. 1 (1950). – M. GILLBRICHT, *Mitt. Inst. Fischereibiol. Univ. Hamburg* 5, 32 (1954).

²⁰ A. BÜCKMANN, W. HARDER und G. HEMPEL, *Mitteil. fischereibiol. Abt. des Max-Planck-Instituts für Meeresbiologie in Wilhelmshaven* 3, 8 (1953).

von Beobachtungen im freien Meere sichert. Diese Forschungsrichtung ist für den Fortschritt der Wissenschaft nötig.

Wenn wir uns aber die Aufgabe stellen, experimentell zu prüfen, wie die Ansammlung der Copepoden in den Sprungschichten zustande kommt, so verlassen wir damit bereits das Gebiet der Ökologie und begeben uns auf das Gebiet der Physiologie. Die Ansammlung kann damit zusammenhängen, dass die Copepoden den Unterschied der beiden Wasserarten mit ihrem chemischen Sinn perzipieren und demgemäss reagieren, sie können aber auch den Dichteunterschied wahrnehmen, und schliesslich kann es sich um ein Phänomen handeln, das nur durch die Verlangsamung des Aufsteigens im leichteren Wasser und die Verzögerung des Absinkens im schweren herbeigeführt wird. HARDER²¹ zeigte, dass der chemische Sinn jedenfalls nicht beteiligt ist. Wurde eine Sprungschicht so gesetzt, dass ein scharfer Unterschied im Salzgehalt bestand, der Dichteunterschied aber durch Zusatz von Zucker ausgeglichen wurde, so erfolgte keine Ansammlung an der Grenze. Durch Zuckerschichtung allein aber war sie zu erreichen. Die Untersuchungen gehen weiter.

Diese Feststellung, dass der Meeresbiologe auf physiologische Forschung angewiesen ist, drängt sich uns auf Schritt und Tritt auf. Bei der Untersuchung der Überfischungsfrage, die die Fischereibiologie des Meeres vom ersten Tage an beschäftigt hat, sind wir zu der Erkenntnis gekommen, dass eine Ausrottung der Nutzfischbestände nicht zu befürchten ist. Wir haben aber die Wahl, ob wir unsere Fischerei einschränken und dann eine Ausbeute von verhältnismässig grossen und alten Tieren haben wollen oder ob wir sehr intensiv fischen wollen, wobei wir dann nur kleine und junge Fische, in freilich grösserer Anzahl, fangen werden. Die Entscheidung, was von beiden rationeller ist, hängt daran, ob aus einer als konstant vorgestellten Nahrungsmenge mehr Fischfleisch erzeugt wird, wenn viele Fische sich darin teilen müssen, oder wenn wenige ein um so reicheres Nahrungsangebot zur Verfügung haben. Wir haben hier wiederum Anlass zu einem ökologischen Experiment, und wir haben es auch bei uns in Angriff genommen²². Wiederum aber führten uns die Beobachtungen bei diesem Versuch zu stoffwechselphysiologischen Fragen, bei deren Klärung der Spezialist auf diesem Gebiet wird mitwirken müssen:

Die Gewichtszunahme variierte von Woche zu Woche sehr unabhängig von der Menge der aufgenommenen Nahrung. Ein störender Einfluss im Wasserhaushalt würde diese Beobachtung am einfachsten erklären. Diese Frage harrt noch der Untersuchung.

Und nicht allein die Fragen des Fischwachstums müssen vom Physiologen gefördert werden. In der Untersuchung der Phytoplanktonproduktion haben wir die Grenze dessen erreicht, was mit HENSENS Methodik festzustellen ist²³. Es ist unzulässig, aus einem grossen Bestand von Planktonpflanzen in einem Meeresgebiet ohne weiteres auf eine grosse Produktion von organischer Substanz durch diese Pflanzen zu schliessen. Bei höherer Temperatur verlaufen bekanntlich alle Stoffwechselvorgänge schneller. Es ist vorstellbar, dass unter solchen Bedingungen eine sehr grosse Produktion organischer Substanz erfolgt, dass aber die entstehenden Pflanzenzellen durch Tierfrass schnell wieder vernichtet werden, so dass der vorhandene Bestand jederzeit sehr klein ist. Umgekehrt kann ein grosser Bestand in kaltem Wasser mit einem der VAN'T HOFF'schen Regel entsprechend langsameren Stoffumsatz und geringer Zehrung durch Planktonfresser weit geringere Stoffmengen produzieren. Auch hier verlangt der Fortschritt der Wissenschaft das ökologische Experiment und die Mitarbeit in diesem Falle des physiologischen Chemikers, der sich mit den Gesetzen der Assimilation befasst.

Aber hier geht es noch einen Schritt weiter. HENSEN und seine Schule erkannten, dass die pflanzliche Produktion von dem Vorhandensein der Minimumstoffe abhängig sei, und sie verfolgten deshalb den Kreislauf dieser Stoffe im Meer. Es zeigte sich, dass die Stoffe, nachdem sie in organische Verbindungen überführt worden sind, meist durch eine ganze Reihe von Organismen passieren, am Ende aber wieder mineralisiert, in anorganische Verbindungen zurückgeführt werden. HENSEN nahm an, dass diese Remineralisierung im wesentlichen das Werk von Mikroorganismen sein müsste.

Über diese Mikroorganismen und ihre tatsächliche Lebensleistung im Meere wissen wir so gut wie nichts. Es war eine Überraschung, als HÖHNK²⁴ kürzlich feststellte, dass nicht nur die Bakterien, sondern auch die Pilze eine reiche Flora im Meere stellen, die bis dahin fast unbekannt war. Wenn wir den Stoffhaushalt im Meere jemals völlig verstehen wollen, so muss das Meer mikrobiologisch erforscht werden.

Zusammenfassend können wir das Folgende sagen: Welche Frage der Fischereibiologie immer angreifen möge, bei dem heutigen Stande der Wissenschaft ist er auf weitere Fortschritte der Erkenntnisse der reinen Meeresbiologie angewiesen, und niemand kann grösseres Interesse daran haben als er, dass die experimentelle Ökologie, die Physiologie der Meeresorganismen, die marine Mikrobiologie gefördert werden. Seine Probleme liegen sozusagen im Zentrum, und seine For-

²¹ W. HARDER, Mitteil. Inst. Fischereibiol. Univ. Hamburg 4, 1 (1954).

²² A. BÜCKMANN, Mitteil. fischereibiol. Abt. des Max-Planck-Instituts für Meeresbiologie in Wilhelmshaven 1, 8 (1952).

²³ H. W. HARVEY et al., H. Mar. Biol. Assoz. 20, 407 (1935).

²⁴ W. HÖHNK, Studien zur Brack- und Seewassermikroökologie I-V, Veröffentl. Inst. Meeresforsch. Bremerhaven 1, 115, 247 (1952); 2, 52 (1953); 3, 27, 199 (1955).

sung wird durch die Ergebnisse aller Zweige der reinen Meeresforschung gefördert.

Die reinen Forschungszweige, von denen hier die Rede war, müssen sich natürlich nach ihren eigenen Gesetzen ungehemmt entwickeln. Ein volles Verständnis der ursächlichen Zusammenhänge muss erarbeitet werden. Dann erst kann der Fischereibiologe diese Erkenntnisse für praktische Fragen nutzbar machen.

Wohl aber ist es ein berechtigtes Anliegen des Fischereibiologen, den Kreis der Forscher auf dem Gebiet der reinen Biologie darauf hinzuweisen, welches grosses Arbeitsfeld auf dem Gebiete der Meeresbiologie bisher noch unbearbeitet ist, und er wird auf das eifrigste bemüht sein, über den kleinen Kreis reiner Meeresbiologen hinaus möglichst viele Forscher zur Beschäftigung mit Meeresorganismen anzuregen und ihnen dabei die Hilfe zu gewähren, die er auf Grund seiner Erfahrungen und Ausrüstung leisten kann.

Es besteht keine Konfliktsituation zwischen reiner und angewandter Meeresforschung. Beide können durch die Förderung der Nachbardisziplin nur gewinnen. In der Methode gibt es keinen grundsätzlichen Unterschied: Es gibt nur eine Methode der Naturwissenschaft, die kausale Analyse der Erscheinungen. Diese Methode ist anzuwenden in einem Falle auf das geeignetste Objekt, im anderen Falle unter Benutzung

der so gewonnenen grundsätzlichen Erkenntnisse auf das wirtschaftlich bedeutsame Objekt.

Summary

A review is given of the general development of marine biological research, both fundamental and applied. When marine fishery research was instituted, there was no lead from fundamental marine ecology, as would generally be the case from fundamental research to applied. But fundamental research profited from the commercial interest in fishery science and was greatly promoted along with it. The mutual promotion of both lines of research is shown in the work of HENSEN and HEINCKE. In modern times, one method has been found equally suitable for, and has been generally applied in, both lines of research: this is the establishment of the abundance and distribution of a single species and developmental stages in the sea on repeated cruises of research vessels, in relation to the distribution of external conditions, such as temperature, salinity, currents, nutrients, food organisms and animal predators. Important indications concerning the influence of external conditions on populations could be derived from similar observations. At present, investigations in experimental ecology are urgently needed in order to corroborate the inferences drawn from these in situ observations. Moreover, the progress of fishery research will to no small degree depend on increased investigations in marine animal physiology and in the microbiology of the seas.

Über Abwehrreaktionen bei Pflanzenkrankheiten

Von ERNST GÄUMANN¹, Zürich

Botanik ist die Lehre vom Leben, wie es sich äussert im Reiche der Pflanzen – und alles Leben ist auf der Stufe der Zelle artgleiches Leben. Die pflanzlichen, die tierischen und die menschlichen Zellen sind gleich gebaut und verhalten sich in ihren vegetativen Funktionen, in ihren chemischen Umsetzungen, in Wachstum, Teilung und Vererbung wesensgleich: Erst auf der Stufe der Zellverbände, der Gewebe und Organe, und bei der Organisation des gesamten Organismus haben sich der pflanzliche und der tierisch-menschliche Ast des Lebens auseinanderentwickelt und sind eigene Wege gegangen.

Angesichts dieser Einheit des Lebens auf der Stufe der Zelle kann es nicht überraschen, dass die pflanzlichen und die tierisch-menschlichen Zellen auf einen sie angreifenden Krankheitserreger in manchen Fällen wesensgleich antworten und ihn insbesondere mit ähnlichen Mechanismen abzuwehren versuchen.

1. Die Mechanismen der Infektabwehr

Wir betrachten vier Gruppen des wesensgleichen Verhaltens gegenüber einem Krankheitserreger, nämlich a) die chemischen, antiinfektionellen Abwehrreaktionen, b) die nekrogene Abortion, c) die histogene Demarkation und d) die Desensibilisierung.

a) *Die chemischen antiinfektionellen Abwehrreaktionen.* Die chemischen antiinfektionellen, das heisst gegen den eindringenden Erreger gerichteten Abwehrreaktionen der Pflanzen seien am Beispiel einer Wurzel-

¹ Institut für spezielle Botanik der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich. Zahlreiche Angaben entstammen einem Untersuchungszyklus, der vom Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung wissenschaftlicher Forschung unterstützt wurde. Der Verfasser möchte den zuständigen Behörden auch hier seinen Dank wiederholen.