

Copyright ©

Es gilt deutsches Urheberrecht.

Die Schrift darf zum eigenen Gebrauch kostenfrei heruntergeladen, konsumiert, gespeichert oder ausgedruckt, aber nicht im Internet bereitgestellt oder an Außenstehende weitergegeben werden ohne die schriftliche Einwilligung des Urheberrechtlichsinhabers. Es ist nicht gestattet, Kopien oder gedruckte Fassungen der freien Onlineversion zu veräußern.

German copyright law applies.

The work or content may be downloaded, consumed, stored or printed for your own use but it may not be distributed via the internet or passed on to external parties without the formal permission of the copyright holders. It is prohibited to take money for copies or printed versions of the free online version.

Die Fruchtbarkeit des Dorsches (*Gadus morhua* L.) in der westlichen Ostsee und den westnorwegischen Gewässern.

Von GUIRGIS A. BOTROS

Zusammenfassung: An 71 weiblichen Dorschen aus der Kieler Bucht mit Längen von 40—95 cm und 49 Kabeljau aus den Gewässern bei Bergen mit Längen von 61—100 cm wurden Eizählungen durchgeführt. Die Eizahlen werden zu Länge und Gewicht der Fische in Beziehung gesetzt und die Ergebnisse in Diagrammen, Mittelwerten von 10-cm-Gruppen und Regressionsgleichungen dargestellt. Beim Ostseedorsch wurden Eizahlen von 0,2—7 Mill., beim norwegischen Kabeljau von 0,9 bis 8,5 Mill. ermittelt. Bei gleicher Länge und Gewicht kann die Fruchtbarkeit um das 2—3fache variieren. Um die beste mathematische Formulierung für die Beziehungen zwischen Eizahl, Länge und Gewicht zu finden, werden lineare und Exponentialgleichungen berechnet. Dabei ergibt sich, daß ihre Regressionslinien im Hauptuntersuchungsbereich dicht benachbart verlaufen und erst bei den höchsten Werten, die nur durch wenige Beobachtungen belegt sind, stärker divergieren. Als bester Ausdruck der Fruchtbarkeit wurde die Relation Eizahl/Gewicht gefunden. Die Eiproduktion setzt in der Norwegischen See bei den Erstlaichern (im Alter von 4 Jahren) mit 728 000/kg ein und steigt mit zunehmender Größe und Alter auf 850 000/kg. Bei den Erstlaichern in der westlichen Ostsee (im Alter von 3 Jahren) beginnt sie mit 512 000/kg und erhöht sich auf 790 000/kg. Die Fruchtbarkeit des Kabeljau in beiden Meeren ist, bezogen auf die Fischlänge, etwa ebenso groß wie die des Schellfisches in der Nordsee.

The fecundity of the cod in the western Baltic and western Norwegian waters (Summary): Egg countings were carried out at 71 female cod from the Kiel Bay (western Baltic), 40—95 cm in length, and at 49 specimens from the region of Bergen (Norwegian coastal waters), 61—100 cm in length. The egg numbers were correlated to the length and weight of the fish, and the results are presented in graphs, average values of 10-cm-groups, and regression equations. For the Baltic cod egg numbers of 0,2—7 Mill. were obtained, for the Norwegian cod 0,9—8,5 Mill. The fecundity heavily varies, doubly and threefold, for the same length and weight. Linear and exponential equations are calculated to arrive to the best mathematical formula to express the relationship between fecundity, length and weight. It is shown that the different regression lines run side by side in the main range of the observations, and only deviate at the highest values represented by very few specimens. The relation egg number/weight was found to be the best description of the fecundity of the cod. In the Norwegian waters the egg production of recruit spawners (4 years old) amounts to 728 000 eggs/kg and rises with increasing size and age to 850 000/kg. In the western Baltic it begins with 512 000/kg (3 years old) and increases to 790 000/kg. The fecundity of the cod in both seas, in relation to fish size, is nearly as high as that of the haddock in the North Sea.

1. Einführung

Die vorliegende Studie über die Eiproduktion des Dorsches, *Gadus morhua* L., in westnorwegischen Küstengewässern und in der westlichen Ostsee ist ein Beitrag zur allgemeinen Biologie dieser Spezies¹⁾. Nach FULTON (1891) ist die enorme Fruchtbarkeit der meisten marinen Fische als ein Maß für die Sterblichkeit der abgelaichten Eier und der jungen Fische anzusehen. D. S. RAITT (1933) stellte fest: Eine Art kann nur dann überleben und ihre Stellung in einem Areal aufrecht erhalten, wenn sie fähig ist, sich in einem derartigen Maße fortzupflanzen, daß die Wirkung aller Umweltfaktoren ausgeglichen wird. Diese Umweltfaktoren sind die physikalischen Bedingungen, denen das larvale und postlarvale Leben unterworfen ist, die Veränderungen in der Nahrungsversorgung und die Verluste durch die natürlichen Feinde. Genaue Informationen über die individuelle Fruchtbarkeit und ihre Beziehung zu Größe und Alter sind, abgesehen vom biologischen Interesse, von großer Wichtigkeit für die Kenntnis der rationellen Ausbeutung der Fischbestände.

¹⁾ Die Abhandlung bildet ein Kapitel in der Dissertation des Verfassers und wurde nach seiner Rückkehr nach Alexandria (Ägypten) vom Herausgeber (R. KÄNDLER) für den Druck überarbeitet.

2. Frühere Untersuchungen

Bereits LEEUWENHOEK, BLOCH, HARMER und einige andere Naturwissenschaftler des 18. Jahrhunderts bestimmten die Eizahlen bei einigen Fischarten, so auch beim Kabeljau. Ihr Hauptinteresse galt allerdings der vergleichenden Betrachtung der Fruchtbarkeit der verschiedenen Arten, sie korrelierten die gefundenen Eizahlen nicht mit der Größe und dem Alter der Fische. FULTON (1891) untersuchte die Eiproduktion von 112 Fischen, die zu 39 marinen Arten, meist Nutzfischen, gehören. Er beachtete auch die Beziehung zwischen der Anzahl der Eier und der Länge bzw. dem Gewicht des Fisches und stellte fest, daß die größten Fische jeder Art die meisten Eier produzieren. J. REIBISCH (1899) widmete als erster seine Aufmerksamkeit nur einer einzigen Fischart, der Scholle. Er vermochte zwar keine zuverlässigen Beziehungen zwischen den gefundenen Eizahlen und der Größe der Fische aufzustellen, kam jedoch zu der Überzeugung, daß die Fruchtbarkeit der Scholle mit dem Alter zunimmt.

Seitdem hat das Interesse der Wissenschaftler sich in ständig steigendem Maße dem Studium der Eiproduktion der wirtschaftlich wichtigen Nutzfische, besonders des Herings und einiger Plattfischarten, zugewandt. Von den Veröffentlichungen hierüber seien im folgenden nur diejenigen genannt, die neuere Erkenntnisse über die Beziehungen zwischen Eizahl und Fischgröße brachten und mit den hier behandelten Problemen in näherer Verbindung stehen.

Als erster faßte D. S. RAITT (1933) die Beziehungen zwischen Eizahl und Fischgröße beim Schellfisch der Nordsee in eine mathematische Form, indem er die einfache Exponentialgleichung $y = a \cdot x^b$ seinen Berechnungen zugrunde legte. Er fand, daß die Eiproduktion einer etwas höheren Potenz als dem Kubus der Länge und etwas mehr als der 1. Potenz des Gewichts proportional ist. Andere Forscher folgten seinem Beispiel und erhielten z. B. für den Hering ähnliche Werte oder Proportionalität zu noch höheren Potenzen der Länge (FARRAN 1938, HICKLING 1940). A. C. SIMPSON (1951) hingegen fand bei der Nordseescholle eine einfache Proportionalität zwischen der Eizahl und dem Gewicht sowie dem Kubus der Länge. T. B. BAGENAL (1957) untersuchte dieses Problem bei der Doggerscharbe (*Hippoglossoides platessoides*). Mit Hilfe vielfacher Korrelation fand er lineare Beziehung zum Gewicht, Proportionalität zu mehr als der 3. Potenz der Länge und zu weniger als der 1. Potenz des Gonadengewichtes. KÄNDLER und PIROWITZ (1957) beschäftigten sich mit den Plattfischen des Nord-Ostsee-Gebietes. Sie kamen zu dem Ergebnis, daß die Fruchtbarkeit von der Nordsee zur Ostsee ansteigt, in der westlichen Ostsee ihr Maximum erreicht und zur inneren Ostsee wieder abnimmt. Bei der mathematischen Behandlung des Beobachtungsmaterials wurden lineare Beziehungen zwischen Eizahl und Größe des Fisches (Länge, Kubus der Länge, Gewicht) bevorzugt, entsprechend der allgemeinen Gleichung $y = a + bx$, um mit den Größen a und b gut vergleichbare Werte zu gewinnen, die die unterschiedliche Höhe und Steigerung der Fruchtbarkeit in Abhängigkeit von Länge und Gewicht in den verschiedenen Gebieten angeben. In einer ergänzenden Studie über die Fruchtbarkeit der Kattaget-Scholle (KÄNDLER 1959) wird betont, daß einer linearen Funktion der Vorzug zu geben sei gegenüber einer Exponentialfunktion, auch wenn die empirischen Daten dadurch besser approximiert würden. Bereits in einer vergleichenden Untersuchung über die Fruchtbarkeit des Herings in Ostsee und Nordsee (R. KÄNDLER und S. DUTT 1958) war gezeigt worden, daß die beste Annäherung der mittels Regressionsgleichungen berechneten Eizahlen an die beobachteten Werte dann erzielt wurde, wenn lineare Beziehungen zwischen Eizahl, Gewicht und 3. Potenz der Länge angenommen wurden. Exponentialgleichungen befriedigten weit weniger, hierbei wurde meistens der geringste Grad der Überein-

stimmung erreicht. Die Verfasser fanden die Fruchtbarkeit des Herings in der Ostsee größer als in der Nordsee (Doggerbank), gleiche Länge und Gewicht vorausgesetzt. Das gleiche ergab sich für den Herbsthering gegenüber dem Frühjahrshering in der Kieler Bucht. An Wittlingen führten H. HOFFMEISTER (1957, cit. in R. KÄNDLER 1959) und J. MESSTORFF (1959) Eizählungen durch, auf deren unterschiedliche Ergebnisse am Schluß der Arbeit noch näher eingegangen wird.

Die jüngsten eingehenden Untersuchungen sind von BAXTER (1959) durchgeführt worden. Er untersuchte die Fruchtbarkeit verschiedener Heringsgruppen, die in der Nordsee und den angrenzenden Gewässern laichen, um eine Möglichkeit zur Identifizierung dieser Populationen zu bekommen. Die Beziehung zwischen Fruchtbarkeit und Länge gab er in der Form $F = a \cdot L^b$ an, das Verhältnis von Fruchtbarkeit zum Gewicht dagegen in der linearen Form $F = a + b \cdot G$. Über vergleichbare Längen- und Gewichtsbereiche konnte er beweisen, daß der norwegische Frühjahrslaicher weniger fruchtbar als der Clydehering ist. Nach seiner Meinung reichen unsere Kenntnisse nicht aus, um zu entscheiden, ob diese Unterschiede genetisch oder umweltbedingt sind.

Trotz der besonderen Stellung des Kabeljaus als eines wichtigen Nutzfisches im Nordatlantik und in der Nord- und Ostsee gibt es erstaunlich wenig Ansätze zum Studium seiner Fruchtbarkeit. Die vorliegenden Untersuchungen sollen diese Lücke ausfüllen helfen. Sie wurden zunächst im Rahmen umfassenderer Studien über die Fortpflanzung des Ostseedorsches in der Kieler Bucht begonnen und ließen den Wunsch aufkommen, zum Vergleich eine Population aus dem Hauptverbreitungsgebiet der Art im Bereich des nordatlantischen Ozeans zu untersuchen. Die Wahl fiel auf den norwegischen Kabeljau, und ich bin dem Direktor des „Fiskeridirektoratets Havforskningnsinstitut“ in Bergen, Herrn G. ROLLEFSEN, sowie seinen Mitarbeitern zu herzlichem Dank verpflichtet für die großzügige Unterstützung, die sie mir bei der Sammlung des Materials gewährten.

3. Die Materialsammlung

Das Material für die Population der westlichen Ostsee wurde teilweise aufs Geratewohl am Kieler Fischmarkt, zum anderen Teil aus den Trawlfängen des FK „HERMANN WATTENBERG“ entnommen. Alle Fische sind in der Zeit vom 28. 1. bis 28. 3. 1958 in der Kieler Bucht gefangen worden. Das Material aus den westnorwegischen Gewässern wurde willkürlich vom Fischmarkt in Bergen entnommen und im „Fiskeridirektoratets Havforskningnsinstitut“ bearbeitet. Diese Fische wurden in den Gebieten Möre, Romsdal, Sogn und Fjordane, 10—30 Meilen nördlich Bergen, vom 27. 1. bis 27. 2. 1959 gefangen.

Die Fische wurden frisch und ungeschlachtet untersucht. Aus der westlichen Ostsee sind 71 weibliche Laichfische von 40,0 bis 94,5 cm Länge und aus den norwegischen Gewässern 49 reife Weibchen von 61,5 bis 99,5 cm Länge bearbeitet worden. Die Längenmessung erfolgte — wie allgemein üblich — durch Messung des Abstandes von der Spitze des Unterkiefers bis zum längsten Schwanzflossenstrahl. Weiterhin wurde das Gewicht des ungeschlachteten Tieres, des Mageninhaltes und der Ovarien ermittelt. Zum Zwecke der Altersbestimmung sind schließlich die Otolithen entnommen worden.

4. Behandlung des Materials

Im Ovar konnten deutlich zwei Eitypen unterschieden werden: Relativ große, opake bis semitransparente, dotterreiche Eier von 0,33 bis 0,75 mm Durchmesser und eine große Zahl sehr kleiner, durchsichtiger, dotterfreier Eier von etwa 0,08 mm Durchmesser, die um die größeren Eier herumliegen. Das Verhältnis der großen, reifenden

Eier zu den kleinen Oocyten betrug etwa 1 : 5. Die Unterscheidung der Eier, die beim nächsten Laichen abgelegt werden, von denen, die in den darauffolgenden Jahren reifen, ist zu manchen Jahreszeiten sehr schwierig. Kurz vor der Laichzeit ist die Unterscheidung dagegen sehr leicht. Daher wurden nur solche Tiere ausgewählt, deren Gonadenreifung weit fortgeschritten war (Ovargewicht über 10% des Fischgewichtes). Bei den großen, dotterreichen Eiern handelt es sich um die Gesamtheit der abzulaichenden Eimenge, deren Zählung die absolute Fruchtbarkeit des Fisches angibt. Ovarien, in denen schon einige Eier durchsichtig waren, wurden für die Zählung nicht benutzt, da in diesem Falle keine Gewähr gegeben war, daß das Laichen nicht bereits eingesetzt hatte.

Die Ovarien sind in 10% Formalin konserviert worden. Für die weitere Untersuchung wurde etwas abgewandelt nach D. S. RAITT (1933) verfahren. Die äußeren Häute der konservierten Gonaden wurden entfernt und die Ovarlappen in einer flachen Glasschale zerpfückt. Besondere Sorgfalt wurde angewandt, um alle Eier einzeln von dem Ovargewebe zu lösen. Der Zusatz von Wasser erleichtert den Prozeß; es wird danach möglichst weitgehend entfernt, indem man die Eimasse in einen mit einem Papierfilter ausgelegten Trichter gibt.

Die Gesamtmenge der schwach feuchten Eier wurde gewogen und sorgfältig gemischt. Schließlich sind 4 Proben von etwa 0,05—0,10 g Gewicht sehr genau gewogen worden. Diese Proben sind weitgehend als repräsentativ sowohl in bezug auf die verschiedenen Eiggrößen, als für die Feuchtigkeit in der gesamten Eimasse anzusehen. Die Wägungen müssen sorgfältig im geschlossenen Wägegläschen durchgeführt werden, um einen Wasserverlust durch Verdunstung zu vermeiden. Daraufhin wurden die Eier jeder Probe gezählt. Zu diesem Zweck wurde eine Glasplatte benutzt, deren Oberfläche zur Erleichterung und Beschleunigung des Zählens in kleine Quadrate eingeteilt war. Durch einfache Rechnung ist dann die Gesamtzahl der Eier in einem Ovar ermittelt worden.

Die Fische wurden ihrem Alter nach in der Weise eingeordnet, daß die Tiere, die zur Fangzeit kurz vor der Vollendung ihres dritten, vierten und fünften Jahres standen, als drei, vier oder fünf Jahre alte Fische gewertet wurden.

5. Berechnungsmethoden

Für die Berechnung der Beziehungen zwischen Eizahl und Länge bzw. Gewicht bieten sich, wie die Literaturübersicht zeigte, verschiedene Methoden an. Um einen Überblick über das Beobachtungsmaterial zu erhalten, ordnet man es zunächst zweckmäßig nach Größengruppen — im vorliegenden Falle wurden 10-cm-Gruppen gewählt — und berechnet für diese die Mittelwerte für Eizahl (F), Länge (L) und Gewicht (G). Danach berechnet man die Quotienten F/L , F/L^3 und F/G . (Tabelle 1). Aus der Konstanz oder Inkonzanz dieser Relationen über den Größenbereich der untersuchten Fische hin kann man bereits ein Urteil über die Art der Abhängigkeit der Eizahl von Länge und Gewicht ablesen. Man erkennt insbesondere, ob die erhaltenen Quotienten unregelmäßig um den Gesamt-Mittelwert schwanken oder ob sich an ihnen ein bestimmter gerichteter Trend, eine Zu- oder Abnahme mit steigender Länge und Gewicht, erkennen läßt. Im ersten Falle kann man auf einfache Proportionalität schließen, im zweiten Falle auf Vorliegen einer komplexen Beziehung, für deren mathematische Darstellung man die bereits erwähnte lineare Gleichung $y = a + bx$ bzw. die einfache Exponentialgleichung $y = a \cdot x^b$ wählt, die durch Logarithmieren ebenfalls in eine lineare Gleichung umgeformt wird, so daß beide Gleichungen mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate berechnet werden können. Einfache Proportionalität zwischen den beiden Bezugsgrößen ist lediglich ein Sonderfall der linearen Gleichung bei $a = 0$.

Man muß sich darüber im Klaren sein, daß bei der Anwendung dieser Bezugsgleichungen jeweils bestimmte Annahmen gemacht werden. Die Berechtigung hierzu kann sowohl aus biologischen Überlegungen, wie auch aus der Art der Verteilung der Merkmalspaare in einem Ordinatensystem abgeleitet werden. Die errechnete mathematische Beziehung stellt lediglich die beste mathematische Formulierung der angenommenen Beziehung dar, und es ist eine weitere Aufgabe, den Grad der Übereinstimmung der mit Hilfe einer Gleichung berechneten theoretischen Eizahlen mit den beobachteten festzustellen, um diejenige Regressionsgleichung aufzufinden, die sich am besten den Beobachtungswerten anpaßt. Bei der starken Streuung der Eizahlen und der notwendig sehr begrenzten Zahl der untersuchten Individuen muß keineswegs die Exponentialfunktion $y = a \cdot x^b$ stets die beste Approximation darstellen. Sie setzt voraus, daß die Eizahl sich mit zunehmender Größe des Fisches um eine gewisse Potenz des Gewichts bzw. der Länge erhöht. Eine einfache Relation zwischen Eizahl und Gewicht ist vorhanden, wenn $b = 1$; ist $b > 1$, so nimmt die Fruchtbarkeit stärker zu als das Gewicht, ist $b < 1$, so ist die relative Zunahme geringer als die des Gewichtes. Ähnliches gilt für die Beziehung der Eizahl zur 3. Potenz der Länge, die man in eine bestimmte Relation zum Gewicht bringt entsprechend der FULTONschen Formel $G = k \cdot L^3$. Da das hierbei vorausgesetzte isometrische Wachstum des Fisches in Wirklichkeit nur näherungsweise realisiert ist, bevorzugt man neuerdings die Exponentialfunktion $G = k \cdot L^b$.

Die Anwendung der linearen Gleichung $y = a + bx$ auf die Beziehung Eizahl zu Gewicht unterstellt andererseits, daß gleichgroße Gewichtszunahmen eine Steigerung der Fruchtbarkeit um ebenfalls gleichgroße Beträge zur Folge hat, beide also linear verlaufen. In dem additiven Glied a kommt jedoch zum Ausdruck, daß zwischen beiden Bezugsgrößen keine konstante Relation besteht, sofern $a \neq 0$. Ist a negativ, so nimmt diese Relation zu, d. h. die Fruchtbarkeit steigt stärker an als das Gewicht; ist dagegen a positiv, so ist das Gegenteil der Fall, die Relation wird kleiner, d. h. die Eizahl nimmt in geringerem Maße zu als das Gewicht — Verhaltensweisen, die auch durch die einfache Exponentialgleichung $y = a \cdot x^b$ ausgedrückt werden können, wenn $b > 1$ bzw. < 1 ist. Erst bei Eizählungen über einen großen Längenbereich kommen die Unterschiede zwischen der linearen und der Exponentialfunktion, die im Ordinatensystem durch eine Gerade bzw. eine Kurve dargestellt werden, bei den extremen Werten klar zu Tage; in einem begrenzten Längenbereich kann man ein Stück einer Exponentialkurve oft mit hinreichender Annäherung durch eine gerade Linie approximieren (KÄNDLER und DUTT 1958, KÄNDLER 1959). Dies gilt sogar für die so unterschiedlichen linearen Beziehungen der Eizahl zur Länge bzw. zum Kubus der Länge, obwohl die eine die andere auszuschließen scheint.

Wenn man sich also nicht von vornherein auf die Anwendung nur einer Funktionsgleichung beschränkt, wie es die Autoren in letzter Zeit vorzugsweise getan haben, indem sie die Exponentialgleichung $y = a \cdot x^b$ zugrunde legten, sondern nach der am besten angepaßten Bezugsgleichung sucht, so wird es erforderlich, den Grad der Übereinstimmung der berechneten mit den beobachteten Eizahlen zu bestimmen. Eine naheliegende Methode hierfür ist nach KÄNDLER und DUTT (1958) die Berechnung der mittleren quadratischen Abweichung oder, zur besseren Vergleichbarkeit, der mittleren prozentualen Abweichung.

Je geringer die mittlere Abweichung ist, desto zuverlässiger gibt die Formel die Beziehung zwischen den Bezugsgrößen wieder.

Aus diesen Ausführungen ergibt sich, daß die aufgestellten Beziehungsgleichungen gewisse Bedingungen erfüllen sollten:

1. Die mit ihrer Hilfe errechneten theoretischen Eizahlen sollen so weit wie möglich mit den beobachteten Daten übereinstimmen.
2. Die Gleichungen sollen eine biologische Deutung erlauben und möglichst anschaulich die Abhängigkeit der Fruchtbarkeit von Länge und Gewicht des Fisches zeigen.
3. Die in den Gleichungen auftretenden Konstanten a und b sollen charakteristische Größen darstellen und den Vergleich der Fruchtbarkeit verschiedener Populationen ermöglichen.

6. Ergebnisse

Zunächst wollen wir uns an Hand der Tabelle 1 einen ersten Überblick über die Beziehungen zwischen Eizahl und Fischgröße verschaffen.

Tabelle 1

Beziehungen zwischen Eizahl (F), Länge (L) und Gewicht (G) bei Dorschen aus der westlichen Ostsee und den norwegischen Küstengewässern, Mittelwerte der 10-cm-Gruppen

10-cm-Gruppe	Anzahl	mittl. Länge in cm	mittl. Gewicht in g	mittl. Eizahl × 1000	Mittelwerte		
					F/L	F/L ³	F/G
a) Westliche Ostsee							
40,0—49,9	10	43,7	915	468	0,0106	5,47	512
50,0—59,9	25	54,5	1713	1145	0,0207	6,87	652
60,0—69,9	17	64,5	2713	2093	0,0318	7,92	790
70,0—79,9	12	76,2	4295	3380	0,0443	7,66	791
80,0—94,5	7	84,0	5790	4592	0,0546	7,64	793
insgesamt	71	61,9	2678	1994	0,0292	7,13	702
b) Norwegische Küstengewässer							
60,0—69,9	23	64,9	2718	1975	0,0313	7,24	728
70,0—79,9	13	74,9	4141	3586	0,0479	8,54	866
80,0—89,9	9	83,0	5687	4851	0,0584	8,49	849
90,0—100,0	4	95,8	8610	5880	0,0616	6,78	685
insgesamt	49	73,4	4111	3206	0,0437	8,12	780

Hierfür wurden die untersuchten Fische zu 10-cm-Gruppen zusammengefaßt und für jede Gruppe die Quotienten aus mittlerer Eizahl einerseits und der mittleren Länge (in cm), dem mittleren Kubus der Länge und dem mittleren Gewicht (in g) berechnet.

Aus dieser Übersicht geht zunächst klar hervor, daß in keinem Falle eine konstante Relation zwischen der Eizahl und der Größe des Fisches vorliegt. Für die Beziehung Eizahl zu Länge (F/L) war dies nicht zu erwarten, es ist jedoch auch nicht bei dem Quotienten Eizahl zu Gewicht (F/G) der Fall. Dieser zeigt vielmehr eine ständige Zunahme, bei den Ostseedorschen von 512 auf 793, beim norwegischen Kabeljau von 728 auf 849, woraus zu folgern ist, daß die Fruchtbarkeit in stärkerem Maße zunimmt als das Gewicht, also keine einfache Relation zwischen beiden besteht, wie dies beispielsweise bei der Scholle der Fall ist (SIMPSON, 1951, KÄNDLER und PIRWITZ 1957). Die gleiche Erscheinung zeigt sich auch bei dem Quotienten Eizahl zum Kubus der

Länge (F/L^3), er nimmt beim Ostseedorsch zu von 5,5 auf 7,9, beim norwegischen Kabeljau von 7,2 auf 8,5: die Fruchtbarkeit nimmt also ebenfalls stärker zu als der Kubus der Länge. Zwischen dem Wachstum des Fisches und dem der Gonade besteht eine Disharmonie. Mit zunehmender Größe — und demgemäß zunehmendem Alter — wird ihm eine steigende Reproduktionsleistung auferlegt. Das ist jedoch nur bis zu einer bestimmten Länge der Fall; in der größten Längensklasse (beim Ostseedorsch ab 70 cm, beim norwegischen Kabeljau ab 90 cm) nehmen die genannten Quotienten wieder ab oder bleiben konstant. Diese Erscheinung ist besonders bei den Fischen aus der Norwegischen See zu bemerken und besagt, daß bei großen, alten Fischen die relative Fruchtbarkeit wieder abnimmt.

RAITT (1933) stellte die gleiche Erscheinung beim Nordseeschellfisch fest. Er meint: „Das Auftreten des kritischen Punktes, bei dem die Abnahme des Körpergewichtes während der Ovaentwicklung (wenn wir das als die Leistung des somatischen Gewebes für die Eiproduktion ansehen) so groß würde, daß das Leben gefährdet wäre, ist daher verschoben.“ Ob der natürliche Tod als Folge des erheblichen Kräfteverbrauches bei der Reproduktion anzusehen ist, bleibt mehr oder weniger eine offene Frage. RAITT hält es für möglich, daß sehr alte Schellfische eine oder mehrere Laichzeiten zur Erholung überspringen. Dasselbe vermutet auch BAGENAL (1957) im Falle der Doggerscharbe.

Da die Beziehungen zwischen der Eizahl und der Größe des Dorsches offensichtlich durch einfache Relationen nicht exakt genug beschrieben werden können, müssen mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate lineare und Exponentialgleichungen berechnet werden, von denen man eine bessere Approximation an die beobachteten Werte erwarten darf.

Wie KÄNDLER (1959) näher ausführte, verdient beim Vergleich der Fruchtbarkeit einer Art in verschiedenen Gebieten die Bezugnahme auf die Länge des Fisches den Vorzug, da diese mit hinreichender Genauigkeit leicht festzustellen ist, während das Gewicht, bei gleicher Länge, je nach dem Ernährungs-, Reife- und Erhaltungszustand schwankt. Wollte man den optimalen Ernährungszustand eines Fisches als Bezugsbasis für die Höhe seiner Eiproduktion zugrunde legen, so müßten die Eizahlen zur Untersuchungszeit (einige Zeit vor dem Ablaihen) mit dem Körpergewicht im September/Oktober des vergangenen Jahres — der Periode des maximalen Körpergewichtes — korreliert werden. Da das unmöglich ist, muß die Beziehung zwischen der Fruchtbarkeit und dem Vorlaichbruttogewicht (Körpergewicht einschl. des Gonadengewichtes) als bester Ausdruck angesehen werden. Wegen der Abnahme des Körpergewichtes ohne Gonade bei fortschreitender Gonadenentwicklung würde der Bezug auf dieses kurz vor dem Laihen ein falsches Bild ergeben.

In einem Diagramm (Abb. 4) sind die an jedem einzelnen Exemplar aus der westlichen Ostsee und den norwegischen Gewässern ermittelten Wertepaare für Eizahl und Gewicht eingetragen. Die Eizahlen variieren beim Ostseedorsch zwischen rd. 0,2 und 7 Mill., beim norwegischen Kabeljau zwischen 0,9 und 8,5 Mill. und gruppieren sich in Form einer langgestreckten Punktwolke, aus der bereits drei wichtige Ergebnisse abgelesen werden können:

1. Zwischen der Fruchtbarkeit des Ostseedorsches und des Norwegischen Kabeljau besteht offensichtlich kein wesentlicher Unterschied, da sich die Werte in einer einheitlichen Punktwolke anordnen.
2. Die Eizahl von Fischen gleichen Gewichtes variiert sehr beträchtlich, um das zwei- bis dreifache. Das mindert den Wert der Einzelbestimmung und muß bei der Auswertung des wenig umfangreichen Beobachtungsmaterials zur Vorsicht mahnen.

3. Das Streudiagramm läßt eine angenähert lineare Beziehung zwischen Eizahl und Fischgewicht vermuten.

Es war bereits dargelegt worden, daß eine einfache Proportionalität zwischen Eizahl und Gewicht nicht vorliegt, da sich der Quotient F/G mit zunehmendem Gewicht in bestimmter Weise ändert. Bei Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate ergeben sich unter Berücksichtigung der an jedem Tier ermittelten Werte die folgenden linearen und Exponentialgleichungen¹⁾:

$$\begin{aligned} \text{Ostseedorsch:} \quad & F = 860 \cdot G - 297000 \\ & = 74,1 \cdot G^{1,284} \\ \text{Norwegischer Kabeljau:} \quad & F = 790 \cdot G - 41600 \\ & = 236 \cdot G^{1,139} \end{aligned}$$

Die diesen Gleichungen entsprechenden Geraden bzw. Kurven sind in die Abb. 5 eingezeichnet. Sie sind in dem Bereich 1—5 kg nahezu identisch, erst bei höheren Gewichten divergieren sie stärker. Es sind jedoch nur von wenigen Tieren mit Gewichten über 6 kg die Eizahlen bestimmt worden, die deshalb nur geringen Einfluß auf die Form der Regressionslinien haben. Diese wird vor allem von der Hauptmenge der Beobachtungen im Bereich 1—6 kg bestimmt, und hier fällt es schwer, einer der Gleichungen den Vorzug zu geben. Die erhaltenen Exponentialgleichungen sagen aus, daß die Fruchtbarkeit stärker zunimmt als das Gewicht, und zwar bei den Ostseetieren in höherem Maße (Exponent 1,28) als bei den norwegischen Tieren (1,14). Die absolute Größe der Fruchtbarkeit wird zusätzlich noch durch die Proportionalitätskonstante a bestimmt, die in der Exponentialgleichung für die norwegischen Fische mehr als 3mal so groß ist wie bei den Ostseefischen. Erst bei graphischer Darstellung wird deutlich, daß beide Gleichungen gar nicht so unterschiedlich sind, wie es den Anschein hat. Das gleiche gilt für die linearen Gleichungen; auch hier sind die Werte für a und b jeweils verschieden, die Unterschiede sind ungleichsinnig und gleichen sich dadurch in ihrer Wirkung aus. Auch dies wird erst im Diagramm erkennbar.

Bevor der Grad der Approximation dieser Gleichungen an die beobachteten Werte erörtert wird, seien noch die Beziehungen zwischen Eizahl und Länge betrachtet: sie sind in Abb. 1 graphisch dargestellt. Die Einzelbeobachtungen ordnen sich ebenfalls zu einer Punktwolke an, die Schwankungen der Eizahl bei gleicher Länge des Fisches sind ebenfalls außerordentlich groß, wobei sich wiederum kein wesentlicher Unterschied in der Fruchtbarkeit des Ostseedorsches und des norwegischen Kabeljau zeigt. Die Verteilung der Werte im Ordinatenfeld deutet jedoch nicht auf eine einfache lineare Beziehung hin, sondern auf das Vorliegen einer Exponentialfunktion, da die Eizahlen in viel stärkerem Maße zunehmen als die Länge, wenn auch die starke Streuung der Werte im Bereich 40—80 cm die Art der Beziehung verschleiert. Wenn man die Eizahl als lineare Funktion der Länge und des Kubus der Länge sowie als Exponentialfunktion der Länge betrachtet, ergeben sich die folgenden Gleichungen¹⁾:

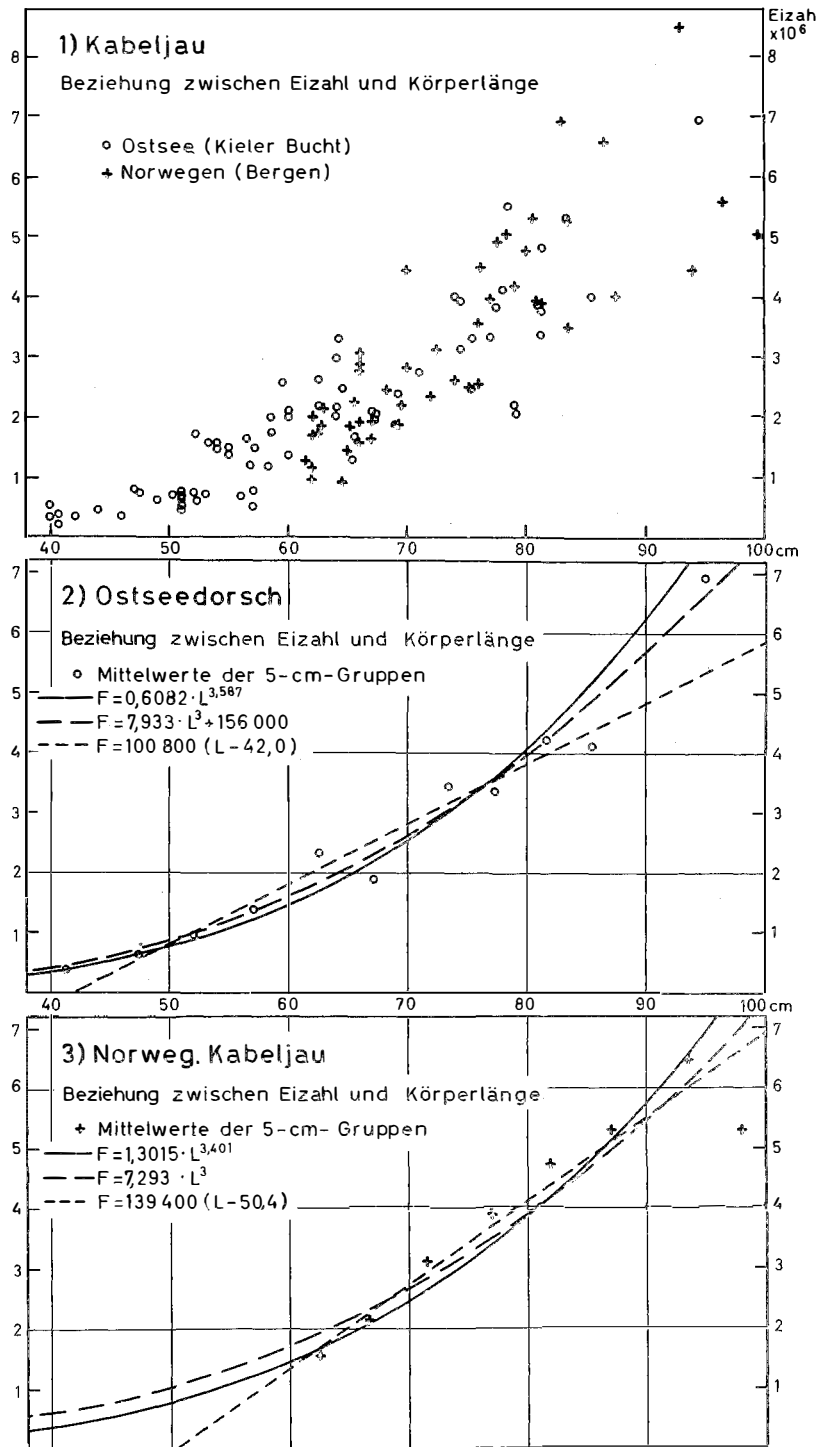
¹⁾ Dank dem Entgegenkommen von Herrn Prof. Dr. K.-H. WEISE konnten die Rechnungen zur Kontrolle nochmals mit einer elektronischen Rechenmaschine durchgeführt werden. Hierfür sei Herrn stud. math. MALERCZYK herzlich gedankt. Die danach hier mitgeteilten Gleichungen weichen nicht wesentlich von den vom Verfasser berechneten ab. BOTROS 1959, 1961).

Legende zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 1)

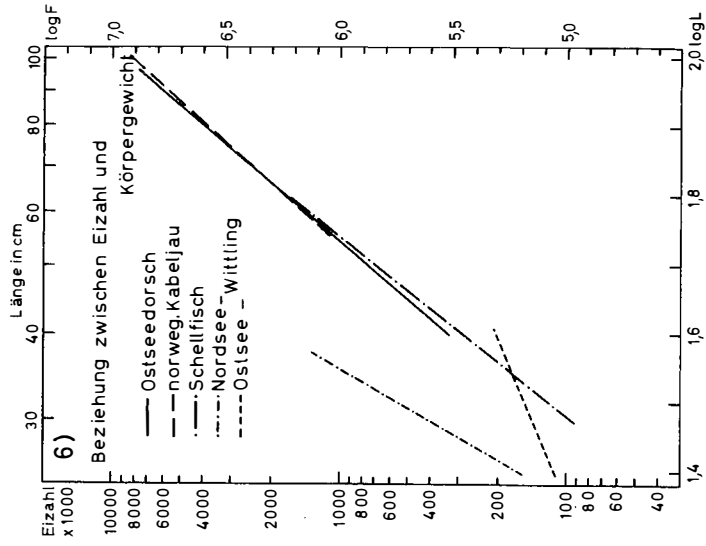
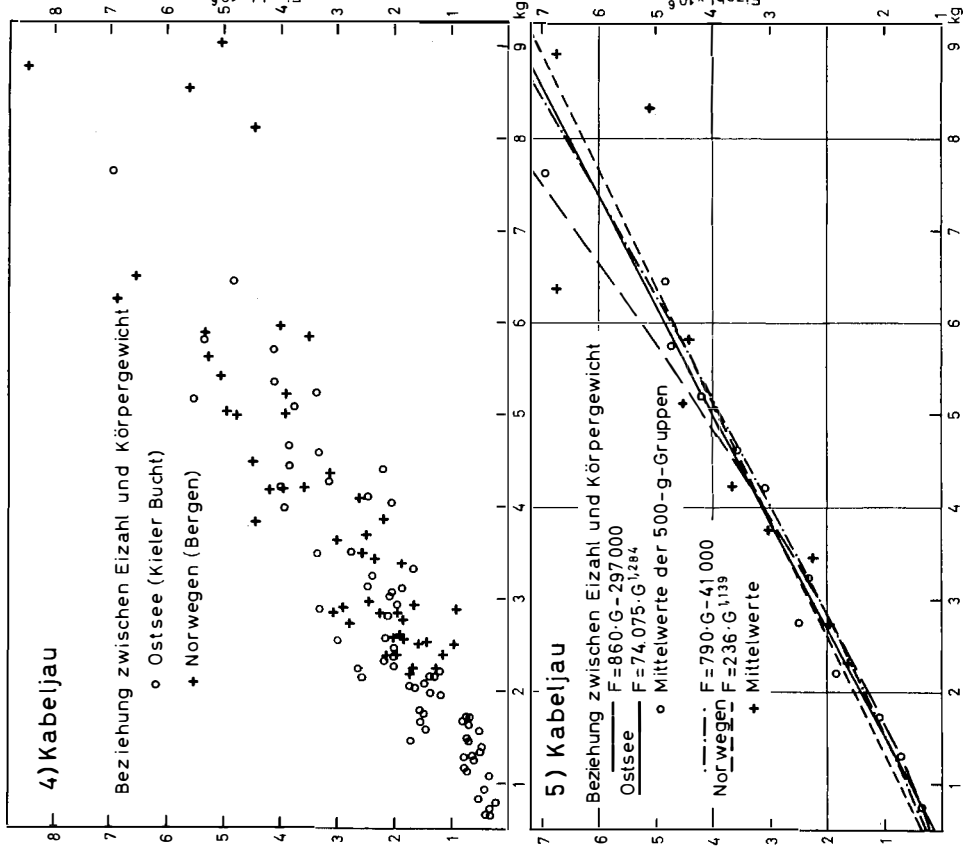
Abb. 1: Ostseedorsch und norwegischer Kabeljau, Beziehung zwischen Einzahl (F) und Körperlänge (L)

Abb. 2: Ostseedorsch, Regressionslinien für $F = a \cdot L^b$, $F = a + b \cdot L^3$, $F = a + b \cdot L$

Abb. 3: Norweg. Kabeljau, Regressionslinien für $F = a \cdot L^b$, $F = a + b \cdot L^3$, $F = a + b \cdot L$



Tafel 1 (zu G. A. Botros)



Tafel 2 (zu G. A. Botros)

$$\begin{aligned}
 \text{Ostseedorsch:} \quad & F = 100800 \cdot L - 4238000 = 100800 (L - 42,0) \\
 & = 7,93 \cdot L^3 - 118000 \\
 & = 0,608 \cdot L^{3,401} \\
 \text{Norwegischer Kabeljau:} \quad & F = 139400 \cdot L - 7031000 = 139400 (L - 50,4) \\
 & = 7,29 \cdot L^3 + 156000 \\
 & = 1,302 \cdot L^{3,401}
 \end{aligned}$$

Man neigt dazu, in der Exponentialgleichung $y = a \cdot x^b$ den besten mathematischen Ausdruck für die Relation zwischen zwei in Abhängigkeit voneinander sich verändernden meßbaren Eigenschaften anzusehen (Allometriegleichung). Im vorliegenden Fall besagt der Exponent b , der größer als 3 ist, daß die Fruchtbarkeit stärker zunimmt als mit der 3. Potenz der Länge, beim Ostseedorsch stärker als beim norwegischen Kabeljau. Doch die Wirkung des höheren Exponenten wird auch hier wieder in zunächst nicht erkennbarem Ausmaße kompensiert durch eine kleinere Proportionalitätskonstante. Die graphische Darstellung der beiden Exponentialkurven (Abb. 2) zeigt, daß die Kurve mit dem höheren Exponenten erwartungsgemäß stärker gekrümmt ist, zugleich aber auch überraschenderweise, daß beide Kurven dicht benachbart verlaufen. Die lineare Beziehung zwischen Eizahl und dem Kubus der Länge besagt, daß beim Ostseedorsch die Fruchtbarkeit bei Zunahme der Länge um einen bestimmten Betrag stärker ansteigt als beim norwegischen Kabeljau, die absolute Fruchtbarkeit wird jedoch durch das additive Glied a mitbestimmt, das einmal negativ, das andere Mal positiv ist. Die lineare Beziehung zwischen Eizahl und Länge wiederum ist insofern interessant, als sie uns in der Klammer eine Größe angibt, bei der die Eizahl gleich Null ist, also einen Näherungswert für die geringste Größe bei Eintritt der Geschlechtsreife. Aus dem Diagramm (Abb. 2) ist zu erschen, daß diese Aussage natürlich nur näherungsweise zutrifft, sofern diese Extrapolation überhaupt erlaubt ist.

Die mit einem relativ großen Rechenaufwand erzielten 5 Gleichungen für die Beziehungen zwischen Fruchtbarkeit, Länge und Gewicht bei den zwei untersuchten Populationen vermögen nicht recht zu befriedigen. Sie gehen jeweils von bestimmten, verschiedenen Annahmen aus, setzen also bereits eine bestimmte Art von Beziehungen voraus, die zu ergründen doch der eigentliche Zweck derartiger Untersuchungen ist. Damit stellt sich die Frage, welche der angebotenen Gleichungen die Beobachtungsdaten am besten approximiert. Diese Frage kann nur auf statistische Weise gelöst werden, wie bereits einleitend bemerkt wurde. Hierfür bietet sich die mittlere prozentuale Abweichung der beobachteten von den nach den verschiedenen Gleichungen berechneten „theoretischen“ Eizahlen an. Dabei ergeben sich folgende Werte:

Funktionsgleichung	mittlere prozentuale Abweichung	
	Ostseedorsch	norw. Kabeljau
(1) $F = a + b \cdot L$	31,7%	29,2%
(2) $F = a + b \cdot L^3$	38,0%	30,8%
(3) $F = a \cdot L^b$	31,1%	33,2%
(4) $F = a + b \cdot G$	25,9%	27,3%
(5) $F = a \cdot G^b$	27,7%	27,8%

Legende zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 2)

Abb. 4: Ostseedorsch und norweg. Kabeljau, Beziehungen zwischen Eizahl (F) und Körpergewicht (G)

Abb. 5: Ostseedorsch und norweg. Kabeljau, Regressionslinien für $F = a + b \cdot G$ und $F = a \cdot G^b$

Abb. 6: Kabeljau, Schellfisch und Wittling, Regressionslinien für $F = a \cdot L^b$ in logarithmischer Darstellung

Wie bei der starken Streuung der Beobachtungswerte zu erwarten ist, sind die mittleren prozentualen Abweichungen von den an Hand der Gleichungen zu erwartenden Eizahlen recht erheblich, und das sich daraus ergebende Urteil über die beste Approximation ist nicht einheitlich. Hinsichtlich der Relation Fruchtbarkeit—Gewicht ergibt die lineare Beziehung (4) für die am Ostseedorsch erhaltenen Werte die geringste mittlere Abweichung (25,9%) und damit relativ beste Übereinstimmung; die Exponentialgleichung (5) ist mit 27,7% mittlerer Abweichung erheblich schlechter. In bezug auf den norwegischen Kabeljau ist das Ergebnis ähnlich, hier ist die Approximation der Werte durch die lineare Gleichung (27,3%) ebenfalls besser als durch die Exponentialgleichung (27,8%), obwohl der Unterschied gering ist. Hinsichtlich der Relation Fruchtbarkeit/Länge sind die Beträge der prozentualen mittleren Abweichung durchweg höher. Für den Ostseedorsch stellt die Exponentialgleichung (3) die beste Approximation dar (31,1%), ihr sehr nahe kommt die lineare Beziehung zur Länge (31,7%), während die Beziehung zum Kubus der Länge (2) sehr viel schlechter ist, da sie den höchsten Betrag der mittleren Abweichung ergibt (38,0%). Beim norwegischen Kabeljau hingegen ergibt die Exponentialgleichung (3) die größte Abweichung (33,2%), während die lineare Beziehung zur Länge (1) die beste Approximation darzustellen scheint (29,2%), gefolgt von der linearen Beziehung zum Kubus der Länge (2) mit einer mittleren Abweichung von 30,8%. Die Größe der mittleren quadratischen Abweichung wird durch die oft beträchtlichen Differenzen zwischen den beobachteten und berechneten Eizahlen der großen Exemplare entscheidend bestimmt. Die Abnahme der relativen Fruchtbarkeit bei den großen Norwegendorschen (Tabelle 1) wirkt sich infolgedessen zugunsten der linearen Beziehungen zwischen Eizahl und Länge bzw. Gewicht aus.

Diese kritischen Betrachtungen zeigen, daß die Beziehungen zwischen den drei untersuchten Größen infolge der starken Streuung der Einzelwerte durch recht unterschiedliche Gleichungen ausgedrückt werden können, ohne daß sich dabei eine bestimmte Form der Gleichung in allen Fällen als besonders geeignet erweist. Die graphischen Darstellungen bringen dies deutlich zur Anschauung. Um zu klareren Ergebnissen zu kommen, müßte der Umfang des Untersuchungsmaterials erheblich vermehrt werden und die Daten sich möglichst gleichmäßig über den gesamten erfaßbaren Variationsbereich erstrecken.

Für den Vergleich der Fruchtbarkeit verschiedener Populationen oder Arten sind die berechneten Gleichungen auch wenig geeignet, da die darin auftretenden Konstanten die Unterschiede nicht klar erkennen lassen. Nachträglich erkennt man, daß die einfache Einteilung des Untersuchungsmaterials in Größengruppen und die Berechnung von Mittelwerten offensichtlich die besten Möglichkeiten zum Vergleich bieten. Aus Tabelle 1 ist leicht zu ersehen, daß unter 70 cm und etwa 3,5 kg der Ostseedorsch, darüber der norwegische Kabeljau fruchtbarer ist; die Unterschiede sind jedoch gering.

Infolge der beträchtlichen Steigerung der Fruchtbarkeit mit der Größenzunahme des Fisches besteht natürlich auch eine gleichsinnige Abhängigkeit von seinem Alter. Es bleibt noch zu untersuchen, ob die Zunahme der Eiproduktion mit dem Alter lediglich eine Funktion der damit verbundenen Größenzunahme ist, oder ob sich bei gleichgroßen Fischen das Alter zusätzlich als Steigerungsfaktor auswirkt. Zu diesem Zwecke wurden die Beobachtungsdaten innerhalb der 10-cm-Gruppen nach dem Alter geordnet und für jede Altersgruppe die mittleren Eizahlen berechnet.

Das Ergebnis ist recht eindeutig, trotz des geringen Umfanges des Untersuchungsmaterials, der bei einer derartigen Aufteilung die Zuverlässigkeit mindert. Offensichtlich hat das Alter allein, bei gleicher Länge, keinen Einfluß auf die Fruchtbarkeit weder des Ostseedorsches noch des norwegischen Kabeljau. Soweit Unterschiede in den mittleren

Tabelle 2

Beziehung zwischen Eizahl und Alter innerhalb der Längengruppen
(in Klammern: Anzahl und mittlere Länge in cm)

10-cm-Gruppe	Altersgruppe					
	III	IV	V	VI	VII	VIII +
	a) Ostseedorsch					
40,0—49,9	377 (5/41,1)	547 (4/45,7)	620 (1/49,0)			
50,0—59,9	1193 (3/54,2)	1122 (21/54,4)	1470 (1/57,2)			
60,0—69,9		2070 (8/62,4)	2211 (9/66,5)			
70,0—79,9		3313 (1/75,5)	3286 (5/75,8)	3102 (3/74,8)	4658 (2/78,0)	2203 (1/79,0)
80,0—95,0				4823 (1/81,3)	8588 (2/82,2)	4537 (4/85,5)
	b) norwegischer Kabeljau					
60,0—69,9		1563 (2/62,0)	1814 (8/64,5)	1786 (9/65,2)	1907 (2/65,8)	2475 (2/67,8)
70,0—79,9			2932 (8/73,4)	2728 (2/72,3)	3771 (4/76,8)	4901 (1/77,6)
80,0—89,9			5035 (2/80,3)	3950 (2/84,3)	5138 (5/83,6)	
90,0—100				8472 (1/93,0)		5016 (3/96,7)

Eizahlen der Altersgruppen innerhalb der 10-cm-Gruppen auftreten, sind diese uns schwer durch die abweichenden Größen zu erklären. Aus den Werten der Tabelle 2 lassen sich keinesfalls Andeutungen einer größeren Fruchtbarkeit älterer Fische — bei gleicher Länge — ablesen.

Andere Autoren kamen zu ähnlichen Ergebnissen, so A. C. SIMPSON (1951) für die Nordseescholle, G. F. HICKLING (1940) für den Hering der südlichen Nordsee, T. B. BAGENAL (1957) für die Doggerscharbe. Beim Nordseeschellfisch stellte D. S. RAITT (1933) für jüngere Fische geringere Eizahlen fest; er fügt jedoch hinzu, daß die Unterschiede in der Fruchtbarkeit von Fischen verschiedenen Alters, aber gleicher Länge nicht sehr groß sind. Beträchtliche Steigerungseffekte des Alters auf die Fruchtbarkeit fanden dagegen R. KÄNDLER und W. PIRWITZ (1957) bei Scholle, Flunder und Kliesche in der Ostsee.

7. Diskussion der Befunde

Der Vergleich der Fruchtbarkeit von Ostseedorsch und norwegischem Kabeljau bliebe unvollständig, wenn man nur die Eizahlen zu Länge und Gewicht des Fisches in Beziehung setzen und das Alter bei Eintritt der Fortpflanzungsfähigkeit sowie die bis dahin erzielte Wachstumsleistung außer Betracht lassen würde. Es ist hier nicht der Ort dafür, einen eingehenden Vergleich der Wachstumsraten des Kabeljau in den beiden Untersuchungsgebieten anzustellen. Für den vorliegenden Zweck mag es genügen, die Ergebnisse der Altersbestimmungen an den zur Untersuchung gelangten Weibchen anzuführen. Sie stammen, wie bereits erwähnt, aus kommerziellen Fängen, und deshalb finden sich unter den Ostseefischen keine unter 25 cm, unter den norwegischen keine unter 46 cm Länge. Anzahl, mittlere Länge und mittleres Gewicht jeder Altersgruppe sind in der nachstehenden Tabelle wiedergegeben.

Tabelle 3

Mittlere Längen und Gewichte der Altersgruppen; nur Weibchen

Altersgruppe	westliche Ostsee			SW-Norwegen		
	Anzahl	mittlere Länge cm	mittleres Gewicht g	Anzahl	mittlere Länge cm	mittleres Gewicht g
II	36	29,1	217	—	—	—
III	22	47,9	1214	9	54,0	1381
IV	69	55,1	1735	4	61,4	2388
V	26	65,3	2775	20	70,3	3476
VI	14	74,1	4103	15	72,1	3783
VII	8	75,7	4211	18	79,6	4872
VIII +	4	81,3	4906	7	87,6	6923

Der Dorsch der westlichen Ostsee wächst merklich langsamer als sein Artgenosse in den südwestnorwegischen Gewässern, wenn der Unterschied auch nicht so erheblich ist, wie man vielleicht erwartet hätte. Die Differenz beträgt etwa das Wachstum eines Jahres. Dieser Wachstumsvorsprung wird bereits im Alter von 3—4 Jahren erreicht und hält dann unverändert an.

Das raschere Wachstum des norwegischen Kabeljau mag mancherlei Ursachen haben; an erster Stelle sind wohl zu nennen: bessere Ernährungsbedingungen, günstigere Salzgehalts- und Temperaturverhältnisse und späterer Eintritt der Geschlechtsreife. Betrachten wir die Situation hinsichtlich der Voraussetzungen für die Eiproduktion, so ist der norwegische Kabeljau dem Ostseedorsch gegenüber insofern im Vorteil, als der spätere Eintritt der Geschlechtsreife (ab 4 Jahre und 60 cm Länge) dem Fisch eine größere Möglichkeit gibt, den Körper aufzubauen, bevor durch die teilweise Umschaltung des Stoffwechsels auf die Erzeugung der Geschlechtsprodukte eine Minderung der Wachstumsintensität eintritt. Er hat zweifellos zu Beginn der Eiproduktion eine bessere Kondition und ist größer und stärker als der Ostseedorsch, der bereits mit 3 Jahren ab 40 cm Länge geschlechtsreif wird. Dieser Umstand wirkt sich auch auf die Höhe der Fruchtbarkeit aus. Als beste Beschreibung der Verhältnisse wählen wir hierfür den Quotienten Eizahl zu Gewicht (Tabelle 1, F/G). Als Gesamt-Mittel ergibt sich für den Norwegenkabeljau eine Eiproduktion von rd. 780000 Eier/kg Fischgewicht, für den Ostseedorsch eine solche von rd. 700000/kg. Die Eiproduktion setzt bei den Erstlaichern in der westnorwegischen See mit 728000/kg bereits sehr hoch ein und steigt mit Zunahme von Größe und Alter auf 850000/kg. Bei den Erstlaichern in der westlichen Ostsee beginnt die Eiproduktion mit viel niedrigeren Werten, bei 512000/kg, und steigt auf rd. 790000/kg, welcher Mittelwert auch bei größeren Längen und höherem Alter nicht überschritten wird. Hier fügen sich gut die Ergebnisse von Eizählungen ein, die M. BERNER (1960) an 5 Ostseedorschen aus dem Bornholmgebiet erhielt. Bei Längen von 1,5—4,0 kg Gewicht ergaben sich im Durchschnitt 736000 Eier/kg (674000—905000/kg). Ob der Abfall der Eiproduktion bei den größten und ältesten Kabeljau aus Norwegen unter 700000/kg real ist oder zufällig, da nur 4 Exemplare über 90 cm untersucht wurden, bleibt fraglich. Offensichtlich wirkt sich die bessere Kondition eines Fisches positiv auf die Fruchtbarkeit aus, was bereits A. C. SIMPSON (1951) an der Nordseescholle feststellte.

Der frühzeitige Eintritt der Geschlechtsreife beim Ostseedorsch — wie allgemein bei vielen Fischarten in der Ostsee — ist als Kompensation der ungünstigeren Entwicklungs- und Ernährungsbedingungen der Brut anzusehen, die eine höhere Sterblichkeit der Eier und Jugendstadien zur Folge haben.

Aus der Größe des Regressionskoeffizienten b in den linearen Gleichungen für die Beziehungen zwischen Eizahl, Länge und Gewicht kann direkt die Steigerung der Fruchtbarkeit bei Zunahme der Länge und des Gewichts um eine Einheit abgelesen werden. Sie beträgt für den

Ostseedorsch: 100 800 Eier/cm bzw. 8600 Eier/10 g
westnorweg. Kabeljau: 139 400 Eier/cm bzw. 7900 Eier/10 g

Die durchschnittliche Eizahl steigt beim Ostseedorsch mit zunehmendem Gewicht etwas schneller als beim westnorwegischen Kabeljau, ein gewisser Ausgleich für das anfänglich sehr viel niedrigere Verhältnis der Eizahl zum Gewicht. Die lineare Beziehung zwischen Eizahl und Länge hat vornehmlich im Bereich zwischen 40 und 80 cm Gültigkeit (Abb. 2 u. 3); hier nimmt bei den norwegischen Fischen die Eizahl mit der Länge stärker zu als bei den Ostseedorschen, da diese bereits bei Längen von 40—60 cm Eier produzieren und bei den größten Längen etwas zurückbleiben.

Einige Ergebnisse von Eizählungen früherer Autoren am Kabeljau mögen hier noch Erwähnung finden. FULTON (1890) erhielt an 3 Exemplaren von May Island (Firth of Forth) mit Längen von 89—97 cm folgende Eizahlen je kg Fischgewicht (umgerechnet): 378 000, 679 000, 406 000. Aus Angaben von R. E. EARLL (1880) ergeben sich für 5 Fische Eizahlen von 268 000—391 000/kg. Diese Werte liegen erheblich niedriger als die am norwegischen Kabeljau und Ostseedorsch gefundenen, lediglich das eine von FULTON untersuchte Exemplar nähert sich mit 679 000 Eiern/kg unseren Ergebnissen. Es ist unbekannt, ob bei den übrigen Fischen die Gewähr gegeben war, daß sie nicht bereits mit dem Ablachen begonnen hatten; FULTON deutet diese Möglichkeit an.

Schließlich sei noch auf die Resultate einiger Autoren verwiesen, die sich mit der Fruchtbarkeit anderer Gadidenarten beschäftigt haben. D. S. RAITT (1933) fand für die Beziehung zwischen Eizahl und Länge beim Nordseeschellfisch die Formel $F = 0,2032 \cdot L^3$,⁸⁴. Für den Nordseewittling berechnete MESSTORFF (1959) die Gleichung $F = 0,006519 \cdot L^5$,²⁸. Aus den Eizählungen von H. HOFFMEISTER (1957) an Wittlingen aus der Kieler Bucht ergibt sich die Beziehung $F = 2347 \cdot L^1$,²¹.

Um eine deutliche Vorstellung von der Bedeutung dieser Beziehungen zwischen Eizahl und Fischlänge zu vermitteln, sind die Regressionsgeraden, die sich bei logarithmischer Darstellung ergeben, in einem Diagramm (Abb. 6) eingetragen. Dabei zeigt sich, daß die Regressionslinien des Schellfisches (Nordsee), des Kabeljau (SW-Norwegen) und des Ostseedorsches (Kieler Bucht), mit geringen Unterschieden der Steigungswinkel, eng zusammen liegen bzw. aneinander anschließen. Die Regressionslinie des Nordseewittlings verläuft weit entfernt und erheblich steiler, eine Folge des hohen Exponenten (5,28). Die Eizahlen steigen von 80 000 beim kleinsten Exemplar an auf über 1 Million bei Fischen von 36 cm Länge. Die Regressionslinie für die Wittlinge aus der Kieler Bucht verläuft viel flacher und gewinnt Anschluß an den Bereich der beiden anderen Gadidenarten. Die von HOFFMEISTER ermittelten Eizahlen variieren zwischen 108 000 (26,5 cm) und 221 000 (37,5 cm). Eine Erklärung für die so gänzlich von den Verhältnissen bei anderen Arten abweichende Proportionalität der Eizahl zu wenig mehr als der 1. Potenz der Länge kann vielleicht darin gesehen werden, daß der Reifungsvorgang der Ovarien des Wittlings in der Kieler Bucht durch den geringen Salzgehalt gehemmt und ein geringerer Teil der Eier zur Reife gelangt als unter den normalen Salzgehaltbedingungen der Nordsee. Eine Nachprüfung ist sehr erwünscht.

Literaturverzeichnis

- BAGENAL, T. B., (1957): The breeding and fecundity of the long Rough Dab (*Hippoglossoides platessoides*) and the associated cycle in condition. Journ. Mar. Biol. Assoc. U. K. **36**, 339—375. — BAGENAL, T. B. (1957): Annual variation in fish fecundity. Ibidem **36**, 377—382. — BAXTER, I. G. (1959): Fecundities of winter-spring and summer-autumn herring spawners. Journ. du Cons. **25**, 73—80. — BERNER, M. (1960): Untersuchungen über den Dorschbestand (*Gadus morhua* L.) der Bornholm- und Arkonasee in den Jahren 1953—1955. I. Der Jahres- und Reifezyklus. Zeitschr. f. Fisch. **9**, 481—602. — BOTROS, G. A. (1959): A comparative study on the fecundity of Norwegian and Baltic cod. Paper presented to ICES, Meeting 1959. — BOTROS, G. A. (1961): Beiträge zur Fortpflanzungsbiologie des Dorsches (*Gadus morhua* L.) in der Ostsee und den norwegischen Gewässern. Dissertation Kiel. — FARRAN, G. P. (1938): On the size and number of ova of Irish Herring. — Journ. du Cons., **13**, p. 91—100. — FULTON, T. W. (1891): The comparative fecundity of sea-fishes. Fish. Board Scotl., 9th Ann. Rep., Part 3, 243—268. — HICKLING, G. F. (1940): The fecundity of the herring of the Southern North Sea. — Journ. Mar. Biol. Assoc., **24**, 619—632. — HOFFMEISTER, H. (1957): Beiträge zur Biologie des Wittlings (*Gadus merlangus* L.) und der Seequabbe (*Onos cimbrius* L.) in der Ostsee. Dissertation Kiel. — KÄNDLER, R. (1959): Über die Fruchtbarkeit der Scholle im Kattegat. Kieler Meeresf. **15**, 29—33. — KÄNDLER, R. (1960): German investigations on the Baltic stock of whiting. Ann. Biol. **15**, 123—124. — KÄNDLER, R. und DUTT, S. (1958): Fecundity of Baltic herring. Rapp. Proc.-Verb. **143**, Part II. — KÄNDLER, R. und PRWITZ, W. (1957): Über die Fruchtbarkeit der Plattfische im Nordsee-Ostsee-Raum. Kieler Meeresf. **13**, 11—34. — MESSTORFF, J. (1959): Untersuchungen über die Biologie des Wittlings (*Merlangius merlangus* L.) in der Nordsee. Ber. Dtsch. Wiss. Komm. Meeresf. **15**. — RAITT, D. S. (1933): The fecundity of haddock. Fish. Board Scotl., Sci. Invest. **1**. — REIBISCH, J. (1899): Über die Eizahl bei *Pleuronectes platessa* und die Altersbestimmung dieser Form aus den Otolithen. Wiss. Meeresunt. Kiel, **4**, 231—248. — SIMPSON, A. C. (1951): The fecundity of the plaice. Fish. Invest., Ser. II. **17**, No. 5.