

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 Urheberrechtinhabers. 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.

Über die Fruchtbarkeit der Plattfische im Nordsee-Ostsee-Raum

VON R. KÄNDLER und W. PIRWITZ

1. Einleitung

Die Artenzahl der Seefische ist in der Ostsee infolge ihres geringeren Salzgehaltes gegenüber der Nordsee stark reduziert. Auch innerhalb der Ostsee selbst ist eine weitere Abnahme zu verzeichnen, so daß z. B. von den hier heimischen fünf Plattfischarten nur die Flunder das Gesamtareal der Ostsee bis zu den Eingängen des Finnischen und Bott-nischen Meerbusens besiedelt.

Die Plattfische der Ostsee weichen in mancherlei Hinsicht von ihren Artgenossen in der Nordsee ab, z. B. im Wachstum, in der Anpassung der planktischen Eier an die geringere Tragfähigkeit des schwachsalzigen Ostseewassers und in der Variation der meristischen Merkmale, z. B. der Wirbel- und Flossenstrahlzahlen. Wenn auch nicht alle, so sind doch einige dieser Besonderheiten als rassische Unterschiede aufzufassen, die sich im Verlaufe der Besiedlung der Ostsee nach erfolgter Kommunikation mit der Nordsee herausgebildet haben und Anpassungen an die andersartigen, die Existenz und Fortpflanzung erschwerenden Lebensbedingungen in diesem Gewässer darstellen.

Es liegt nahe, auch die größeren Eizahlen der Ostseeschollen, die vor mehr als 50 Jahren von J. REIBISCH (1899) festgestellt wurden, in demselben Sinne zu deuten. Seine Befunde sind durch spätere Untersuchungen (V. FRANZ 1910, A. C. SIMPSON 1951) bestätigt und erweitert worden. Die anderen in der Ostsee vorkommenden Plattfischarten sind bisher nicht auf ihr Verhalten in dieser Hinsicht untersucht worden, und nach der inzwischen eingetretenen außerordentlichen Steigerung des Wachstums, in dem die Ostseescholle die Nordseescholle gegenwärtig erheblich übertrifft, scheint auch bei dieser Art eine nochmalige eingehende Überprüfung der Verhältnisse in der Ostsee notwendig.

Im folgenden wird versucht, den Beziehungen zwischen Eizahl einerseits und Länge, Gewicht und Alter andererseits bei Scholle, Flunder, Kliesche und Steinbutt im Nord-Ostsee-Raum nachzugehen und allgemeine Gesetzmäßigkeiten zu ermitteln. Für die Nordseescholle können wir uns dabei auf die ausführliche Arbeit von A. C. SIMPSON (1951) beziehen. Das gesamte Material, das bereits der (nicht veröffentlichten) Arbeit von W. PIRWITZ (1955) zugrunde liegt, wurde für die folgenden Darlegungen überarbeitet und noch weiter ausgewertet. Besonderes Interesse dürfen die Befunde an den Scholle-Flunder-Bastarden beanspruchen, deren Untersuchung auch SIMPSON für wünschenswert hält.

Alle sich bietenden Möglichkeiten wurden genutzt, um Fische aus verschiedenen Wohngebieten der Arten zu erhalten. Wir waren dabei bestrebt, möglichst den ganzen Salzgehaltsbereich, unter dem jede Art zu leben vermag, zu erfassen.

Das Material wurde teils auf See gesammelt, teils auf den Fischmärkten in Kiel und Hamburg erworben, wobei wir in entgegenkommender Weise von der praktischen Fischerei und der Leitung des Kieler Seefischmarktes unterstützt wurden. Besonderen Dank schulden wir der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung für eine finanzielle Beihilfe.

2. Material und Methoden

Die Fische wurden in frischem Zustand im Fischereilaboratorium des Instituts für Meereskunde am Kieler Seefischmarkt bearbeitet. An jedem Exemplar wurden die

folgenden Werte ermittelt: Länge (auf 0,1 cm), Gesamtgewicht (in g), Gonadengewicht (in g, getrennt für Augen- und Blindseite), Augenstellung, Alter (am Otolith), Eizahl. Bei Scholle und Flunder und ihren mutmaßlichen Bastarden wurden auch die Strahlen der Analflosse gezählt, um neben den Besonderheiten der Körperform und der Beschuppung auch ein sicheres zählbares Merkmal zur Erkennung der Bastardnatur zu haben. (R. KÄNDLER 1935).

Zur Konservierung der Ovarien für die Eizählung wurde nach dem Beispiel von V. FRANZ (1910) die GILSONSCHE Lösung verwendet, wobei jedoch gemäß der Anweisung von A. C. SIMPSON (1951) die Menge des Eisessigs verdoppelt wurde, um eine bessere Trennung der Eier voneinander, von der Gonadenmembran und dem Keimepithel zu erzielen. Die Konservierungsflüssigkeit hat somit die folgende Zusammensetzung: 100 ml 60%iger Alkohol, 15 ml 80%ige Salpetersäure, 880 ml Aqua dest., 18 ml Eisessig, 20 g Quecksilberchlorid. Die Gonaden wurden in der Längsrichtung aufgeschnitten (größere auch quer) und dann für jedes Individuum gesondert in Weithalsflaschen mit Schraubverschluß reichlich mit der Konservierungsflüssigkeit über-gossen.

Mit den Eizählungen wurde erst nach Sammlung des gesamten Materials begonnen, wobei folgendermaßen verfahren wurde: Zuerst wird die verschlossene Flasche kräftig geschüttelt, wobei sich die Eier ablösen; danach wird sie in eine größere flache Schale entleert. Die Eier sinken sofort zu Boden, so daß man sie durch rasches Abgießen der Flüssigkeit von den Epithelfetzen trennen kann. Allerdings gelingt das Ablösen der Eier nicht immer vollständig, man muß dann durch geschicktes Verreiben, am besten mit Daumen und Zeigefinger, nachhelfen, bis alle Eier von dem Keimepithel und der Gonadenmembran frei sind. Nach mehrmaligem vorsichtigen Auswaschen erhält man eine saubere Eimasse. Für diese Arbeit darf nur GILSONSCHE Lösung verwendet werden, da Wasser ein Aufquellen und Platzen der Eier zur Folge haben würde.

Die gesäuberten Eier werden in einen hohen Meßzylinder gegossen und sinken darin schnell ab. Das Gesamtvolumen der Eier wird festgestellt und dann mittels eines kleinen geeichten Meßbechers aus Glas, von denen wir mehrere mit verschiedenem Fassungsvermögen (0,5, 0,25 und 0,1 ccm) anfertigen ließen, ein bestimmtes Volumen entnommen, das auf einer Zählplatte ausgebreitet und ausgezählt wird. Dies wird mehrmals wiederholt, die Ergebnisse werden gemittelt, und durch Umrechnung auf das Gesamtvolumen der Eimasse erhält man die Eizahl des betreffenden Fisches, die zweckmäßig auf ganze Tausend angegeben wird.

Um die Fehlergrenzen der Methode zu prüfen, wurden an je einem Exemplar von Scholle, Flunder und Kliesche 20 Zählungen durchgeführt.

Tabelle 1

Prüfung der Genauigkeit der angewandten Zählmethode

1) Scholle	20 Proben von je $\frac{1}{4}$ ccm ausgezählt:									
	315	322	365	339	341	343	357	333	336	345
	351	360	348	327	334	349	318	340	344	346
	Mittel = 341, mittlere Abweichung = $\pm 13,1 = 3,8\%$									
2) Flunder	20 Proben von je $\frac{1}{10}$ ccm ausgezählt:									
	459	467	481	427	485	455	432	444	476	439
	448	490	422	428	471	465	447	452	428	453
	Mittel = 453, mittlere Abweichung = $\pm 20,6 = 4,5\%$									

3) Kliesche

20 Proben von je $\frac{1}{10}$ ccm ausgezählt:

770	719	733	781	744	708	717	756	742	777
698	726	773	712	784	790	735	720	761	792
Mittel = 747, mittlere Abweichung = $\pm 30,1 = 4,0\%$									

Die Berechnung der mittleren Abweichung erfolgte nach der Formel

$$\pm \sqrt{\frac{\sum [a^2]}{n - 1}}$$

Die Ergebnisse der einzelnen Zählungen variieren in mäßigen Grenzen. Sofern sich bei gleicher Länge bzw. gleichem Gewicht sehr unterschiedliche Eizahlen ergeben, darf man mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die Differenzen real und nicht durch die Ungenauigkeit der Zählmethode bedingt sind.

Zu Beginn der Untersuchungen haben wir, ebenso wie J. REIBISCH, V. FRANZ und A. C. SIMPSON, nach der von V. HENSEN zur Planktonzählung entwickelten Methode gearbeitet. Die Eier in der Hensenflasche sinken aber nach dem Schütteln zu schnell ab, als daß man noch mit der Hensenspipette eine repräsentative Probe entnehmen könnte. Daher wurde die vorstehend beschriebene Methode angewendet, die zwar ebenfalls anfechtbar sein mag, da sich die Eier vielleicht gelegentlich entsprechend ihrer unterschiedlichen Größe und Absinkgeschwindigkeit schichten mögen, dem man jedoch durch Umrühren der mit nur wenig Flüssigkeit bedeckten Eimasse begegnen kann. In der Praxis hat sich unsere Methode ausgezeichnet bewährt, und der Vergleich der so erhaltenen Zahlen mit denen früherer Untersucher beweist, daß sie mit keinem systematischen Fehler behaftet sind.

Die Trennung der Eier der bevorstehenden Laichperiode von denen der späteren bereitet gewisse Schwierigkeiten, die aber bei der Scholle und Flunder ausgeschaltet werden können, wenn man zu Eizählungen nur Fische verwendet, die in spätestens ein bis zwei Monaten ablaichen würden. Bei Kliesche und Steinbutt ist der Unterschied nicht so deutlich, aber bei einiger Übung durchaus gut erkennbar. Am besten eignen sich Tiere, die unmittelbar vor dem Ablaichen stehen. Dann erfolgt die Ablösung in der GILSONSchen Lösung einwandfrei, die Unterscheidung der Eier ist absolut sicher, die Zählung einfach und exakt. Aber auf keinen Fall dürfen einige Eier bereits glasig sein, weil dann die Gewähr nicht gegeben ist, daß noch keine Eier ausgestoßen sind. Außerdem sinken diese Eier nicht so schnell oder überhaupt nicht ab, so daß kein zuverlässiges Ergebnis zu erzielen ist.

Bei einigen Fischen mußten aus technischen Gründen die Eier in der Gonade der Augenseite und Blindseite getrennt gezählt werden. Dabei stellte sich heraus, daß sich die Eizahl proportional zum Gewicht der Gonade verhält. Das gilt natürlich nur für das jeweilige Individuum. Da der Reifegrad und damit das relative Gewicht der Gonaden bei den untersuchten Tieren z. T. recht unterschiedlich waren, ist diese einfache Beziehung für die Ermittlung der Eizahl verschiedener Fische jedoch nicht anwendbar.

3. Scholle, *Pleuronectes platessa* L.

Die ersten Angaben über die Eizahl der Scholle stammen von K. MÖBIUS (1883), V. HENSEN (1884) und T. W. FULTON (1891), der mitteilt, daß bereits W. BUCKLAND (1874) Fruchtbarkeitsuntersuchungen an Schollen durchführte. Bei diesen Autoren handelt es sich aber immer nur um einige wenige Beobachtungen.

Es ist das Verdienst von J. REIBISCH (1899), als erster systematische Eizählung an 58 Schollen vorgenommen zu haben. Er führt dabei auch noch zwei unveröffentlichte Werte von C. APSTEIN an. Ihm kam es nicht nur wie T. W. FULTON darauf an, die mittlere Fruchtbarkeit der Seefische festzustellen und untereinander zu vergleichen, sondern

er suchte nach Gesetzmäßigkeiten innerhalb der Art. Nebenbei sei bemerkt, daß er sich in dieser Arbeit als erster auch mit Altersbestimmungen an Hand der Otolithen befaßte. Wesentlich mehr Eizählungen (134) wurden dann von V. FRANZ (1910) durchgeführt. Er steigerte nicht nur die Anzahl der Einzeluntersuchungen, sondern vereinfachte und verbesserte auch die Zählmethode.

Erst vor wenigen Jahren hat A.C. SIMPSON (1951) diese Untersuchungen wieder aufgegriffen und die Ergebnisse der Eizählungen an 261 Nordseeschollen veröffentlicht.

Die Beziehungen zwischen Eizahl und Gewicht des Fisches

Aus der Erfahrung bei der künstlichen Zucht von Süßwasserfischen weiß man, daß auf 1 kg Körpergewicht des Rogners eine gewisse, für jede Art charakteristische Eimenge entfällt. Daraus darf man von vornherein den Schluß ziehen, daß die Eizahl in annähernd linearer Beziehung zum Gewicht des Fisches steht. Es scheint deshalb zweckmäßig, zunächst dieses Verhältnis näher zu betrachten.

V. FRANZ (1910) vermutet zwar, daß die Fruchtbarkeit der Scholle mit dem Quadrat der Länge steigt. A. C. SIMPSON (1951) weist jedoch nach, daß mit geringen Einschränkungen die Eizahl parallel der 3. Potenz der Länge zunimmt und damit auch in annähernd linearer Abhängigkeit vom Gewicht steht.

In Abb. 1 sind die an 78 Schollen aus der Kieler Bucht und 30 Exemplaren aus dem Gebiet Arkona-Bornholm erhaltenen Beziehungen zwischen Eizahl und Gewicht in einem Koordinatensystem dargestellt, auf dessen Abszisse die Gewichte und auf dessen Ordinate die zugehörigen Eizahlen abgetragen sind. Die Werte ordnen sich in einer Punktwolke so an, daß sich leicht eine Gerade zeichnen ließe. Trotz erheblicher Streuung

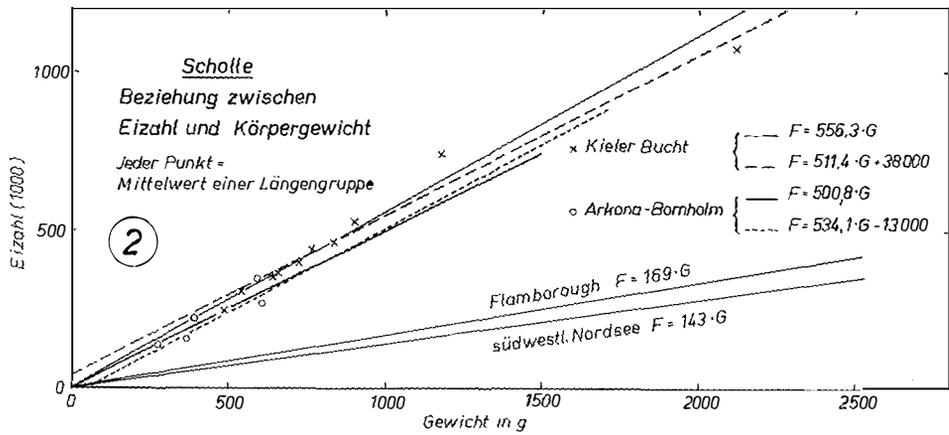
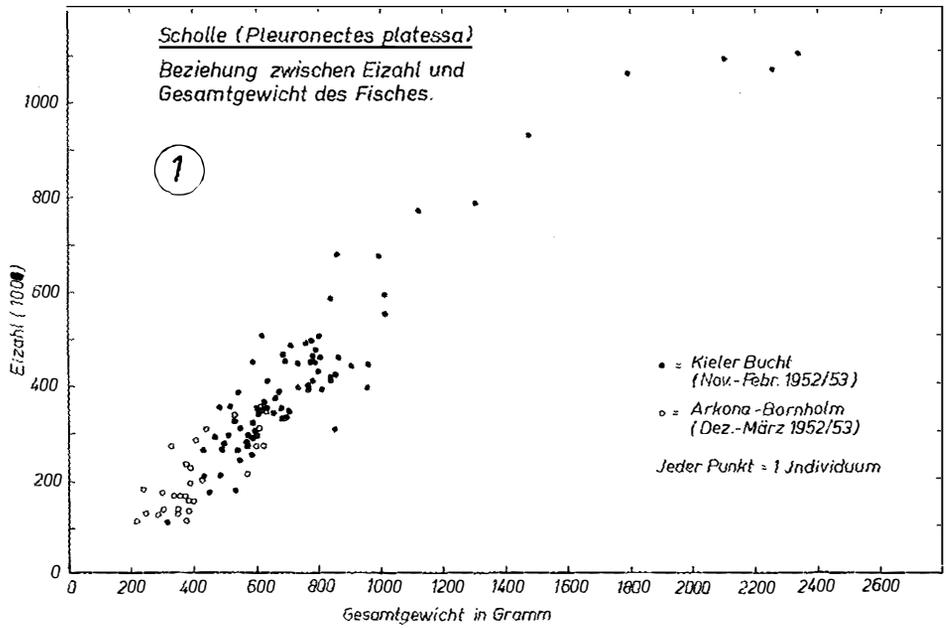
Tabelle 2
Ostseescholle, Beziehung zwischen Eizahl und Gewicht
Mittelwerte der Längengruppen

Anzahl	Längen- gruppe cm	mittl. Länge cm	mittl. Gewicht g	mittl. Eizahl × 1000	F/G	F = K _g · G × 1000	Diffe- renz (beob. — berechn.)	F = a + b · x × 1000	Diffe- renz
Kieler Bucht									
9	32,0—34,9	33,5	491	244	497	273	— 29	289	— 45
10	35,0—35,9	35,3	539	304	564	300	4	314	— 10
11	36,0—36,9	36,4	642	350	545	357	— 7	366	— 16
10	37,0—37,9	37,4	660	372	564	367	5	376	— 4
9	38,0—38,9	38,3	725	401	553	403	— 2	409	— 8
4	39,0—39,9	39,3	764	434	568	425	9	429	5
12	40,0—40,9	40,2	832	457	550	463	— 6	463	— 6
4	41,0—41,9	41,1	900	527	586	501	26	498	29
5	42,0—49,0	45,0	1181	742	628	657	85	642	100
4	52,0—56,0	54,9	2118	1075	508	1178	— 103	1121	— 46
			Mittel		556,3	mittl. Abw.	± 46,6		± 41,5
Arkona-Bornholm-Becken									
6	28,0—29,9	29,1	278	134	482	139	— 5	135	— 1
10	30,0—31,9	31,1	366	157	429	183	— 26	182	— 25
7	32,0—33,9	32,7	395	226	572	198	28	198	28
4	35,0—36,9	35,8	604	266	440	302	— 36	309	— 43
3	37,0—39,9	38,3	594	345	581	297	48	304	37
			Mittel		500,8	mittl. Abw.	± 35,7		± 35,1

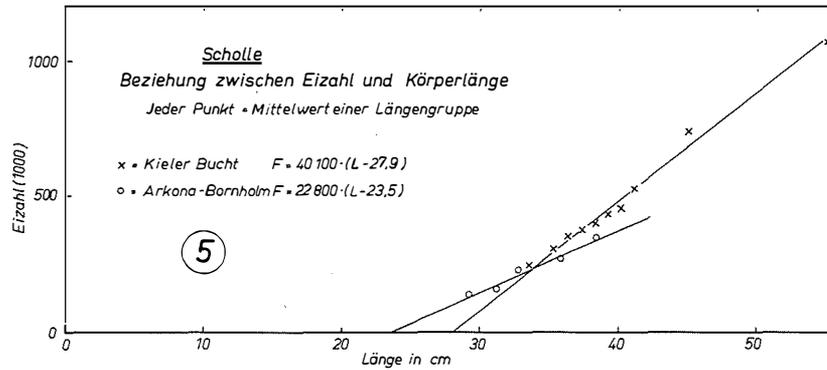
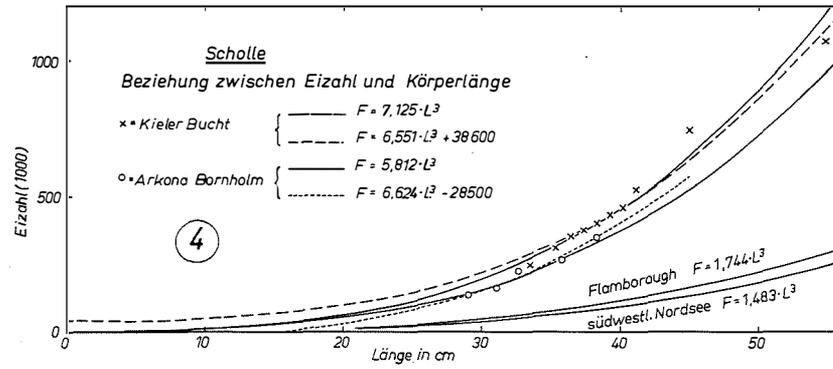
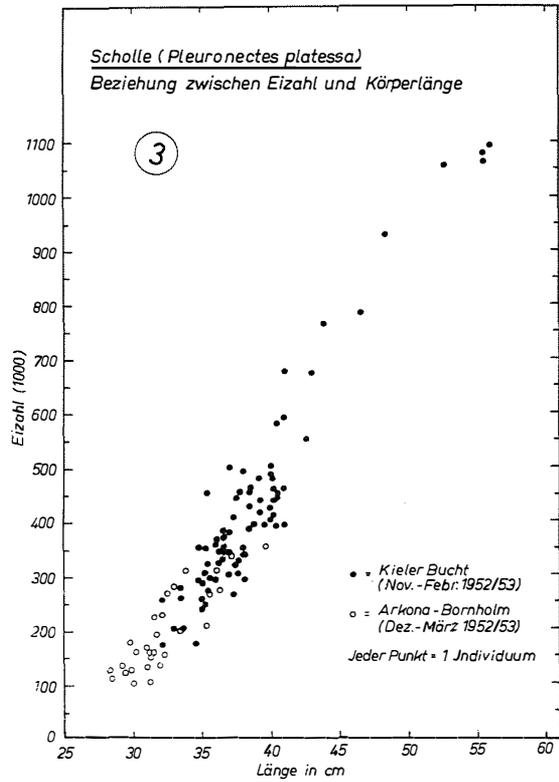
Legende zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 3)

Abb. 1: Ostseescholle, Beziehung zwischen Eizahl und Körpergewicht.

Abb. 2: Scholle, Ausgleichsgeraden für $F = K_g \cdot G$ nach Mittelwerten der Längengruppen.



Tafel 3



der Werte besteht offensichtlich auch bei der Ostseescholle eine lineare Abhängigkeit der Eizahl vom Gewicht. Nur die Eizahlen der wenigen Tiere über 50 cm (2000 g) sind etwas zu niedrig.

Um die Berechnung der Ausgleichsgeraden zu vereinfachen, sind in der vorstehenden Tabelle 2 die Beobachtungsdaten nach Längen-Gruppen zusammengefaßt und gemittelt worden. In der von A. C. SIMPSON angewendeten Weise ist sodann der Faktor $K_g = F/G$ berechnet worden ($F =$ Eizahl, Fruchtbarkeit; $G =$ Gesamtgewicht des Fisches in g).

Obwohl durch die Mittelwertbildung in den Längengruppen die individuellen Schwankungen z.T. bereits ausgeglichen sind, variiert der Quotient F/G doch noch beträchtlich, namentlich bei den Schollen aus dem Gebiet Arkona-Bornholm. Für die Kieler Bucht ergeben sich besonders bei den kleinsten und größten Individuen größere Abweichungen. Da jedoch, wenigstens auf den ersten Blick, kein bestimmter Trend in der Veränderung der Werte zu erkennen ist, dürften die beiden Mittelwerte von $K_g = 556,3$ für die Kieler Bucht und $500,8$ für das Gebiet Arkona—Bornholm — näherungsweise die Relation zwischen Eizahl und Gewicht der Ostseeschollen angeben, deren einfache Proportionalität demnach durch die folgenden Beziehungen gekennzeichnet ist:

$$\begin{aligned} \text{Kieler Bucht:} & \quad F = 556,3 \cdot G \\ \text{Arkona—Bornholm-Becken:} & \quad F = 500,8 \cdot G \end{aligned}$$

Die hiernach berechneten Eizahlen der unterschiedenen Längengruppen weichen in den meisten Fällen nicht erheblich von den aus den Einzelbeobachtungen ermittelten Durchschnittswerten ab. In der Tabelle 2 sind die Differenzen zwischen den beobachteten und den berechneten Eizahlen angegeben. Die daraus berechnete mittlere Abweichung ist als Vergleichsmaß für den Grad der Übereinstimmung der beiden Zahlenreihen zu werten.

In Abb. 2 sind die empirisch ermittelten Gruppenwerte und die Ausgleichsgeraden gemäß den für die beiden Ostseepopulationen erhaltenen Formeln eingetragen, desgleichen die Geraden nach den von A. C. SIMPSON mitgeteilten Formeln für Nordseeschollen der

$$\begin{aligned} \text{Flamborough-Gründe:} & \quad F = 169,33 \cdot G \\ \text{südwestlichen Nordsee:} & \quad F = 142,93 \cdot G \end{aligned}$$

Die beträchtlich größere Eizahl der Ostseeschollen bei gleichem Gewicht ist offensichtlich. Es kommt hinzu, daß die von SIMPSON angegebenen Formeln sich auf ausgeschlachtete Fische beziehen. Bei Berücksichtigung des dadurch bedingten Gewichtsverlustes um etwa 10% (LUNDBECK 1952) würden sich die K_g -Werte sogar noch weiter, um etwa den gleichen Betrag vermindern.

Die Anwendung der Formel $F = K_g \cdot G$ geht von der Voraussetzung aus, daß die Beziehungsgerade durch den Nullpunkt des Koordinatensystems verläuft. Um zu prüfen, ob dies tatsächlich näherungsweise zutrifft, wurden für die beiden Ostseepopulationen an Hand der Gruppenwerte der Tabelle 2 die Gleichungen der Ausgleichsgeraden $y = a + bx$ nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet. Dabei ergibt sich für

$$\begin{aligned} \text{Kieler Bucht:} & \quad F = 511,4 \cdot G + 37930 \\ \text{Arkona—Bornholm-Becken:} & \quad F = 534,1 \cdot G - 13360 \end{aligned}$$

Die graphische Darstellung (Abb. 2) zeigt, daß sich diese Geraden in den Bereichen, aus denen die meisten Exemplare stammen, praktisch jeweils mit der nach der Formel $F = K_g \cdot G$ erhaltenen Geraden decken; unter- und oberhalb divergieren sie zune-

Legende zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 4)

Abb. 3: Ostseescholle, Beziehung zwischen Eizahl und Körperlänge.

Abb. 4: Scholle, Ausgleichslinien für $F = K_1 \cdot L^3$ nach Mittelwerten der Längengruppen.

Abb. 5: Scholle, Regressionsgeraden für $F = f(L)$ nach Mittelwerten der Längengruppen.

mend. Zu dem gleichen Ergebnis kam A. C. STIMPSON hinsichtlich der an den Nordseeschollen erhaltenen Formeln. Immerhin darf nicht übersehen werden, daß nur die Funktionsgleichung $y = a + bx$ die lineare Abhängigkeit zweier Größen für jeden Fall in exakter Weise wiedergibt. Hierbei stellt der Faktor b die Steigung der Geraden dar, das additive Glied a die Entfernung ihres Schnittpunktes mit der y -Achse vom O-Punkt des Systems. Die hiernach berechneten Eizahlen der Längengruppen sind ebenfalls in Tabelle 2 eingetragen. Die Übereinstimmung mit den beobachteten Werten ist insofern wesentlich besser als bei Annahme einfacher Proportionalität, als die Summe der Abweichungen erwartungsgemäß gleich 0 ist, (wenn dies nicht genau zutrifft, so liegt die Ursache hierfür in der Abrundung der berechneten Eizahlen auf Tausend), im ersteren Falle dagegen -18 bzw. $+7$. Auch die mittlere Abweichung ist in einem Fall merklich kleiner.

Um zu prüfen, ob durch die Zusammenfassung des Materials in Längengruppen die Genauigkeit der Berechnung erheblich leidet, wurde diese auch mit allen Wertepaaren der Einzelbestimmungen durchgeführt. Die Ergebnisse $F = 511 \cdot G + 32990$ für die Kieler Bucht und $F = 552 \cdot G - 27820$ für das Gebiet Arkona-Bornholm — stimmen hinreichend mit den an den Mittelwerten erhaltenen Gleichungen überein. In Anbetracht der großen Streuung der Einzelwerte dürfen wir deshalb eine einfache Proportionalität zwischen Eizahl und Gewicht annehmen gemäß der Gleichung $F = K_g \cdot G$, die man erhält, wenn in der Gleichung $y = a + bx$ die Größe $a = 0$ gesetzt wird. Dann geht die Ausgleichsgerade bei etwas größerer Steigung (größerer Wert für b) durch den o-Punkt des Systems (Abb. 2).

Die Beziehung zwischen Eizahl und Länge des Fisches

Die graphische Darstellung der Beziehungen zwischen Eizahl und Körperlänge der insgesamt 108 Ostseeschollen (Abb. 3) ergibt wiederum eine Punktwolke, deren Anordnung es zunächst offen läßt, ob sie in genügender Annäherung durch eine Gerade wiedergegeben werden kann. Es ist wenig wahrscheinlich, daß zwischen beiden

Tabelle 3
Ostseescholle, Beziehung zwischen Eizahl und Länge des Fisches
Mittelwerte der Längengruppen

Anzahl	mittl. Länge cm	mittl. Eizahl × 1000	F/L ³	F = K ₁ · L ³ × 1000	Diff.	F = a + b · L ³ × 1000	Diff.	F = a + b · L × 1000	Diff.
Kieler Bucht									
9	33,5	244	6,49	268	— 24	285	— 41	224	20
10	35,3	304	6,86	313	— 9	326	— 22	296	8
11	36,4	350	7,25	344	6	354	— 4	340	10
10	37,4	372	7,11	373	— 1	383	— 11	380	— 3
9	38,3	401	7,14	400	1	406	— 5	416	—15
4	39,3	434	7,15	433	— 1	435	— 1	456	—22
12	40,2	457	7,03	463	— 6	464	— 7	493	—36
4	41,1	527	7,58	495	32	493	34	528	— 1
5	45,0	742	8,14	649	93	635	107	685	57
4	54,9	1075	6,50	1179	—104	1122	— 47	1087	—12
		Mittel	7,125	mittl. Abw.	± 48,6		± 43,7		± 25,9
Arkona-Bornholm-Becken									
6	29,1	134	5,44	143	— 9	135	— 1	128	6
10	31,1	157	5,22	176	— 19	171	— 14	173	—16
7	32,7	226	6,46	206	20	203	23	210	16
4	35,8	266	5,80	267	1	276	— 9	281	—15
3	38,3	345	6,14	326	19	344	1	338	7
		Mittel	5,812	mittl. Abw.	± 17,4		± 14,2		± 14,3

Variablen eine lineare Relation besteht, da das Gewicht eines Fisches in annähernd linearer Beziehung zur 3. Potenz seiner Länge steht. Diese auf FULTON zurückgehende Annahme gründet sich auf die Tatsache, daß sich die Volumina ähnlicher Körper wie die 3. Potenzen einer ihrer Dimensionen verhalten. Man bezeichnet diesen Längen-Gewichts-Koeffizienten $E = G/L^3$, dessen Größe von der Gestalt des Fisches abhängt, auch als „Ernährungskoeffizient“. Durch Einführung dieses Koeffizienten E und der 3. Potenz der Länge in die Gleichungen, die für die Beziehungen zwischen Eizahl und Gewicht erhalten wurden, könnten diese in eine solche für die Relation Eizahl zu Länge umgewandelt werden.

Wir wählen jedoch den direkten Weg und berechnen, dem Beispiel von SIMPSON folgend, nach der Formel $K_1 = F/L^3$ für jede Längengruppe diese Verhältniszahl (Tabelle 3).

Die Werte von K_1 schwanken in ähnlicher Weise wie die von K_g , bei der Mittelbildung ergibt sich 7,125 für die Kieler Bucht und 5,812 für das Arkona—Bornholm-Gebiet. Die hiermit nach der Formel $F = K_1 \cdot L^3$ berechneten Eizahlen der Längengruppen unterscheiden sich ebenfalls nicht erheblich von den empirischen Werten, mit Ausnahme der großen Schollen über 42 cm; der Differenzbetrag überschreitet jedoch nur in einem Falle 10% des theoretischen Wertes. Die aus der linearen Abhängigkeit der Eizahl vom Gewicht gezogene Folgerung, daß die Eizahl auch der 3. Potenz der Länge linear ist, ist also hinreichend erfüllt.

Aus beiden Relationen können wir nunmehr den Längen-Gewichts-Koeffizienten E berechnen, indem wir in die Definitionsgleichung $E = 100 \cdot G/L^3$ (Gewicht in g, Länge in cm) für G den Quotienten F/K_g und für L^3 den Quotienten F/K_1 einsetzen. Wir erhalten $E = 100 \cdot K_1/K_g$, und somit für die Schollen aus der westlichen Ostsee $E = 1,28$, aus dem Arkona—Bornholm-Gebiet $E = 1,14$. Zur Kontrolle wurden auf direktem Wege der Längen-Gewichts-Koeffizient für jedes Exemplar bestimmt und die Ergebnisse gemittelt. Die so gewonnenen Werte — 1,27 für die Kieler Bucht, 1,18 für Arkona—Bornholm — weichen um ein Geringes ab: eine völlige Übereinstimmung ist nicht zu erwarten, da im ersteren Falle der Berechnung Mittelwerte von Gruppen recht ungleicher Repräsentation zugrundeliegen.

Auch zur Klärung der linearen Beziehung zwischen Eizahl und 3. Potenz der Länge ist es empfehlenswert, durch Berechnung der Gleichung $y = a + bx$ die Zulässigkeit der Annahme einer einfachen Proportionalität zu prüfen. Aus den Gruppenwerten der Tabelle 2 erhalten wir mittels der Methode der kleinsten Quadrate folgende Gleichungen:

$$\begin{aligned} \text{Kieler Bucht:} & \quad F = 6,551 \cdot L^3 + 38580 \\ \text{Arkona—Bornholm-Becken:} & \quad F = 6,625 \cdot L^3 - 28460 \end{aligned}$$

Die Größe a ist also nicht ohne weiteres zu vernachlässigen, wenn auch die graphische Darstellung (Abb. 4) und die hiermit berechneten Gruppenwerte (Tab. 3) zeigen, daß die Differenzen gegenüber der einfachen Proportionalität zwischen Eizahl und 3. Potenz der Länge nicht erheblich sind und zumeist innerhalb der Fehlergrenzen der Zählmethode bleiben. Die Vereinfachung der Beziehung durch Vernachlässigung der Größe a ist also durchaus statthaft, wenn auch die Regressionsgleichung $F = a + b \cdot L^3$, wie bereits bei der Beziehung zwischen Eizahl und Gewicht, eine bessere Annäherung darstellt, wie die mittlere Abweichung erweist.

Bei der graphischen Darstellung der Regressionslinien im G-L-Diagramm (Abb. 4) zeigen diese im Beobachtungsbereich nur eine schwache Krümmung, und man ist deshalb versucht, einmal zu prüfen, ob nicht auch eine lineare Beziehung zwischen Eizahl und Länge hinreichend genaue Werte liefert. Dies ist in der Tat der Fall, wie die in Tabelle 3 enthaltenen theoretischen Eizahlen dartun, die für die mittleren Längen der Längengruppen nach den folgenden Regressionsgleichungen errechnet wurden:

Kieler Bucht: $F = 40131 \cdot L - 1120800 = 40131 (L - 27,9)$
 Arkona—Bornholm-Gebiet: $F = 22824 \cdot L - 536700 = 22824 (L - 23,5)$

Die mittlere Abweichung der beobachteten von den berechneten Werten ist keineswegs größer als bei Betrachtung der Eizahl als Funktion der 3. Potenz der Länge, im Falle der Schollen aus der Kieler Bucht sogar erheblich kleiner, da die maximalen Abweichungen nur halb so groß sind wie dort.

Infolge der großen Streuung der Einzelwerte (Abb.3) und des geringen Umfanges des Beobachtungsmaterials können wir die in den Beobachtungsbereich fallenden Teile der Exponentialkurven $F = f(L^3)$ näherungsweise durch eine Gerade ersetzen. Diese schneidet in ihrer Verlängerung die Abszisse in weiter Entfernung vom o-Punkt bei einem Wert, der diejenige Länge bezeichnet, bei der die Gleichung den Wert 0 für die Eizahl ergibt. Wir können dieses Längenmaß als einen Grenzwert ansehen, bei dem die weibliche Scholle die Fortpflanzungsfähigkeit erlangen kann — die Gültigkeit dieser linearen Beziehung auch außerhalb des Beobachtungsbereiches vorausgesetzt. Danach würde die Mindestgröße bei Eintritt der Geschlechtsreife für die Schollen der Kieler Bucht bei 28 cm, des Arkona—Bornholm-Gebietes bei 23,5 cm liegen, wie man unmittelbar aus den umgewandelten Gleichungen für F ablesen kann. In unserem langjährigen Beobachtungsmaterial mißt das kleinste fortpflanzungsfähige Schollenweibchen aus der Kieler Bucht 30 cm, aus dem Bornholmbecken 26 cm, was mit den theoretisch ermittelten Werten gut übereinstimmt, da die Beziehungsgerade notwendig vor Erreichen der Abszisse bei einem Minimalwert der Eizahl, der noch nicht näher bekannt ist, abbrechen muß.

Von den drei aufgestellten Gleichungen für $F = f(L)$ liefert uns somit überraschenderweise die lineare Gleichung $F = a + b \cdot L$ eine besonders anschauliche Berechnungsformel, da sie eine Größe enthält, die näherungsweise die Mindestgröße bei Eintritt der Fortpflanzungsfähigkeit angibt.

Dem Beispiel von A. C. SIMPSON folgend, haben wir auch den Einfluß des Alters auf die Eizahl ermittelt. Wir beschränken uns hier lediglich auf die Wiedergabe der Beziehungen zwischen Eizahl, Länge und Alter bei den Schollen der Kieler Bucht, soweit die cm-Gruppen durch mehrere Individuen verschiedenen Alters vertreten sind:

Tabelle 4
 Scholle (Kieler Bucht), Beziehung zwischen Eizahl ($\times 1000$),
 Länge und Alter (in Klammern: Anzahl der Individuen)

Länge cm	Alter in Jahren (aufgerundet)		
	3	4	5
35,0—35,9	266 (2)	325 (8)	
36,0—36,9	333 (4)	353 (3)	356 (4)
37,0—37,9		356 (8)	451 (2)
38,0—38,9		362 (5)	450 (4)
39,0—39,9		398 (1)	448 (4)
40,0—40,9		441 (7)	485 (4)
41,0—41,9		398 (1)	575 (3)

Aus dieser Aufstellung ergibt sich, daß innerhalb der Längengruppen ein Steigerungseffekt des Alters deutlich wahrzunehmen ist. Er beträgt von der IV- zur V-Gruppe, für die allein ein größeres Beobachtungsmaterial vorliegt, im Mittel 18%. Das ist recht beträchtlich, wenn wir bedenken, daß sich die mittlere Länge während des 5. Lebensjahres nach unserem Material von 37,3 cm auf 39,7 cm erhöht, was mit einer Vermehrung der Eiproduktion um 26% verbunden ist. Zwei Drittel davon entfallen mithin auf den Alterseffekt und nur $\frac{1}{3}$ auf die Längenzunahme. Die Verhältnisse liegen bei der Ostsee-

scholle offenbar anders als bei der Nordseescholle, für die SIMPSON nur bei größeren Fischen eine sehr geringe Zunahme mit dem Alter, bei gleicher Länge, feststellen konnte.

Andererseits ergibt sich aus der großen Altersveränderlichkeit der Eizahl bei der Ostseescholle, daß wir keine allgemein gültigen Beziehungen zwischen Eizahl und Länge bzw. Gewicht erwarten können, wenn die Alterszusammensetzung wechselt. Zur Berechnung der Beziehungen für bestimmte Altersgruppen reicht das Beobachtungsmaterial jedoch nicht aus.

Überblick über die Untersuchungsergebnisse an der Scholle

Die Fruchtbarkeit eines Fisches ist ein wichtiger Faktor für die Erhaltung der Art unter den gegebenen Lebensbedingungen und damit auch für den Ausgleich der Ausfälle, die zusätzlich zur natürlichen Zehrung durch die Fischerei verursacht werden. Sie ist deshalb auch von einer gewissen praktischen Bedeutung, besonders dann, wenn sich Anzeichen einer zu starken Inanspruchnahme des Bestandes bemerkbar machen. Bei der Frage, welche inneren und äußeren Faktoren die Höhe der Fruchtbarkeit beeinflussen, verdienen die Lebensverhältnisse und Fortpflanzungsbedingungen der Art im Untersuchungsgebiet besondere Beachtung.

A. C. SIMPSON (1951) gibt eine Zusammenstellung aller damals vorliegenden Daten über Länge und Eizahl von Schollen aus verschiedenen Meeresgebieten, indem er für jede cm-Gruppe die mittlere Eizahl berechnet und den Quotienten $K_1 = F/L^3$ bildet. Wenn diese K_1 -Werte auch gelegentlich eine Zunahme mit der Länge zeigen oder so stark schwanken, daß man an der Zuverlässigkeit einzelner Zählungen zweifeln möchte, so können doch die daraus errechneten Mittelwerte als Vergleichswerte für die Fruchtbarkeit der Art in dem betreffenden Meeresgebiet gelten. Sie sind in der nachstehenden Tabelle aufgeführt, ergänzt durch die in dieser Arbeit gewonnenen Daten.

Tabelle 5
Scholle, Mittelwerte für K_1 (in Klammern: Anzahl der Fische)

Gebiet	REIBISCH 1899	FRANZ 1910	MILINSKI 1938	SIMPSON 1951	KÄNDLER u. PIRWITZ
Nordsee		2,29 (45)			
Flamborough-Gründe .				1,74 (33)	
südwestl. Nordsee . . .				1,48 (223)	
südöstl. Nordsee . . .	1,36 (5)	1,46 (59)			
südl. Kattegat		4,56 (12)			
Ostsee, Kieler Bucht . .	5,40 (53)	3,30 (18)			7,13 (78)
Ostsee, Arkona-Bornholm				6,00 (5)	5,81 (30)
Barentsmeer			2,20 (9)		

Bereits REIBISCH stellte fest, daß die Eizahl der Ostseeschollen erheblich größer ist als die der Nordseeschollen gleicher Länge. Die Ursache hierfür sah er in dem höheren Alter der damals langsamwüchsigen Ostseeschollen. FRANZ (1910) kam zu ähnlichen Ergebnissen, wenngleich die aus seinen Zählungen ermittelten K_1 -Werte für Schollen aus der Kieler Bucht erheblich niedriger sind. Inzwischen haben sich jedoch die Wachstumsverhältnisse der Scholle in der Ostsee grundlegend geändert. Da die Bestände hier sehr stark gelichtet sind und reichlich Nahrung vorhanden ist, wächst sie jetzt sehr viel rascher als in der Nordsee (R. KÄNDLER 1952, 1956). Damit erhebt sich die interessante Frage, ob sich diese Wachstumssteigerung auch auf die Eizahl ausgewirkt hat, denn jetzt ist eine Ostseescholle bei gleicher Länge erheblich jünger als eine Nordseescholle, und sie müßte, wenn die Meinung von REIBISCH und FRANZ zu Recht bestände, weniger

Eier produzieren als eine Nordseescholle. Doch bereits die Stichprobe von 5 Ostseeschollen aus dem Bornholmgebiet, die SIMPSON zur Prüfung dieser Frage untersuchte, ergab unverändert hohe Eizahlen. Unsere Ermittlungen an einem größeren Material erhärten seine vorläufige Feststellung. Damit bestätigt sich die bereits von ihm ausgesprochene Vermutung, daß die größere Fruchtbarkeit ein Charakteristikum der Ostseescholle darstellt.

Aus SIMPSONS Nordsee-Material ergeben sich ferner Anhaltspunkte dafür, daß günstige Ernährungsbedingungen, die ein besseres Wachstum ermöglichen, zugleich auch die Fruchtbarkeit steigern. Als Beispiel hierfür führt er die größere Eizahl der Schollen von den Flamborough-Gründen an, die bei gleichem Alter um 5 cm größer sind als Fische aus der südwestlichen Nordsee. Die weitere Steigerung der an sich bereits größeren Fruchtbarkeit der Ostseeschollen als Begleiterscheinung der erheblichen Wachstumsbeschleunigung seit den Zeiten von REIBISCH und FRANZ darf man ebenfalls als einen Beweis dafür ansehen, daß ein gutgenährter, schnellwüchsiger Fisch mehr Eier produziert als ein langsamwüchsiger, wenn auch gerade an Ostseeschollen der Steigerungseffekt des Alters deutlich wahrnehmbar ist.

Das Maximum der Fruchtbarkeit der Scholle liegt offensichtlich in der Beltsee, der die Kieler Bucht zuzurechnen ist, wahrscheinlich einschließlich des Kattegats, für das noch keine neueren Daten vorliegen. Weiter nach Osten, zum Arkona- und Bornholmbecken hin sinkt die Eizahl merklich ab. Die Art nähert sich hier der Ostseegrenze ihrer Verbreitung in der Ostsee, und ihre Lebens- und Ernährungsverhältnisse sind weniger günstig als in der Beltsee, wenn auch z. T. besser als hier früher zur Zeit der dichten Besiedlung. Die Nordseeschollen zeigen dagegen eine sehr viel geringere Fruchtbarkeit als die Ostseeschollen. Im Gegensatz zu diesen ist sie in der südlichen Nordsee seit über 50 Jahren unverändert geblieben, wie denn auch hier Bestandsdichte und Wachstum keine so grundlegende Änderung erfahren haben wie in der Ostsee.

4. Flunder, *Pleuronectes flesus* L., (syn. *Platichthys flesus*)

Die ersten Eizählungen an Flundern führte T. W. FULTON (1891) an 3 Exemplaren von der schottischen Küste durch. E. EHRENBAUM (1936) gibt noch zwei weitere Einzelwerte:

Länge cm	Gewicht g	Eizahl	Autor
26,0	—	500000	E. EHRENBAUM
26,5	348	563000	T. W. FULTON
32,5	390	712000	T. W. FULTON
38,0	723	1 638000	T. W. FULTON
39,0	—	2 000000	E. EHRENBAUM

FULTON stellte fest, daß die Flunder der Seefisch mit der relativ größten Fruchtbarkeit ist.

Die von uns durchgeführten 279 Einzeluntersuchungen verteilen sich folgendermaßen auf die einzelnen Areale: Nordsee 45, Kattegat 20, Kieler Bucht 61, Arkona- und Bornholmbecken 95, Danziger Bucht 27; ferner aus Küstengewässern der Ostküste Schleswig-Holsteins: Windebyer Noor 26, Hemmelmarker See 5. Die beiden letztgenannten Proben sollen hier außer Betracht bleiben.

Die Beziehungen zwischen Eizahl und Gewicht sind in Abb. 6 dargestellt. Ebenso wie bei der Scholle steigt die Fruchtbarkeit mit der Zunahme des Gewichts, und eine lineare Beziehung zwischen beiden Größen ist wahrscheinlich. Bei dem Versuch, Ausgleichsgeraden zu zeichnen, erkennt man jedoch, daß diese nicht so zwanglos wie bei der Scholle durch den o-Punkt des Systems gelegt werden können, sondern die Koordinaten in unterschiedlichen Abständen davon schneiden würden.

Tabelle 6
Flunder, Beziehung zwischen Eizahl und Gewicht bzw. Länge
des Fisches. Mittelwerte der Längengruppen.

Anzahl	Länge cm	mittl. Länge cm	mittl. Gewicht g	mittl. Eizahl × 1000	berechnete Eizahlen und Differenzen (beob. — berechnet)					
					f (G)	a	f (L ³)	a	f (L)	a
Südöstliche Nordsee										
2	26,0—27,9	26,6	193	265	265	0	312	— 47	248	17
5	28,0—29,9	29,1	317	538	533	5	461	77	461	77
8	30,0—31,9	30,9	340	588	582	6	584	4	614	— 26
9	32,0—33,9	32,9	391	684	692	— 8	739	— 55	784	— 100
10	34,0—35,9	35,0	492	908	910	— 2	924	— 16	963	— 55
8	36,0—37,9	36,8	616	1165	1177	— 12	1101	64	1116	49
3	39,0—40,5	39,8	720	1411	1401	10	1437	26	1372	39
mittlere Abweichung					± 7,9			± 52,0		± 63,0
Kattegat										
4	31,0—32,9	31,9	406	802	799	3	812	— 10	784	18
6	33,0—33,9	33,4	484	994	980	14	982	12	988	6
3	34,0—35,9	34,8	579	1116	1202	— 86	1155	— 39	1179	— 63
5	36,0—37,9	36,8	667	1495	1409	86	1428	67	1451	44
2	38,0—40,0	39,4	843	1799	1820	— 21	1829	— 30	1805	6
mittlere Abweichung					± 62,1			± 42,3		± 39,7
Kieler Bucht, < 35 cm										
3	26,0—27,9	27,0	279	695	709	— 14	696	— 1	693	2
3	28,0—29,9	28,8	317	781	752	29	759	22	766	15
7	31,0—32,9	32,1	454	818	906	— 88	897	— 79	899	— 81
3	33,0—33,9	33,1	476	1003	931	72	945	58	940	63
mittlere Abweichung					± 68,2			± 58,0		± 59,9
Kieler Bucht, > 35 cm										
6	34,0—35,9	34,9	595	1082	1069	13	1148	— 188	1016	66
11	36,0—37,9	36,4	672	1382	1379	3	1435	10	1395	— 13
6	38,0—39,9	39,0	839	2145	2053	92	1988	199	2056	89
8	40,0—41,9	40,6	954	2331	2517	— 186	2371	— 9	2462	— 131
7	42,0—43,9	42,5	1077	2957	3015	— 58	2864	105	2942	15
3	44,0—45,9	45,2	1267	3538	3780	— 242	3645	— 102	3624	— 86
2	46,0—46,9	46,2	1225	3974	3610	+ 364	3958	— 11	3880	94
mittlere Abweichung					± 199			± 127		± 88
Arkona-Bornholm										
4	22,1—23,9	22,8	136	250	258	— 8	196	54	66	184
16	24,0—25,9	25,0	175	310	357	— 47	333	— 23	301	9
20	26,0—27,9	26,6	224	459	482	— 23	448	11	472	— 13
24	28,0—29,9	28,7	268	597	594	3	620	— 23	696	— 99
15	30,0—31,9	30,8	338	783	771	12	826	— 43	921	— 138
7	32,0—33,9	32,8	417	1007	972	35	1046	— 39	1134	— 127
4	34,0—36,0	35,3	568	1425	1356	69	1362	63	1401	24
5	38,0—42,5	39,7	850	2031	2072	— 41	2036	— 5	1871	160
mittlere Abweichung					± 39,0			± 40,5		± 123
Danziger Bucht										
7	20,0—21,9	21,1	105	148	136	12	134	14	70	78
4	22,0—23,9	23,1	137	215	196	19	213	2	201	14
6	24,0—25,9	24,9	166	272	251	21	297	— 25	319	— 47
3	26,0—27,9	27,0	268	428	448	— 20	411	17	456	— 28
2	28,0—29,9	28,6	315	457	530	— 63	511	— 54	561	— 104
2	30,0—31,9	31,5	449	788	781	7	723	65	751	37
3	33,0—37,0	35,4	580	1050	1027	23	1075	— 25	1006	44
mittlere Abweichung					± 31,3			± 38,5		± 62,5

Wie bei der Scholle, so ist auch bei dieser Plattfischart das Beobachtungsmaterial in Längengruppen, meist 2-cm-Gruppen, eingeteilt worden, um die Berechnungen, den Vergleich der Ergebnisse und die graphische Auswertung zu vereinfachen. Es hat jedoch wenig Sinn, auch bei der Flunder dem Beispiel von SIMPSON zu folgen und für die einzelnen Größengruppen den Faktor $K_g = F/G$ zu bestimmen, da dieser nicht konstant ist oder um einen Mittelwert schwankt, sondern sich mit zunehmender Größe in bestimmter Weise ändert. Der zuverlässigste Weg, die Abhängigkeit der Eizahl vom Gewicht des Fisches zu ermitteln, bietet sich auch hier in der Berechnung der Ausgleichsgeraden nach der Formel $y = a + bx$, wenn wir das Vorhandensein einer linearen Beziehung voraussetzen. Die Ergebnisse dieser Berechnungen, denen wie bei der Scholle die in Tabelle 6 zusammengestellten Mittelwerte der Längengruppen zugrunde liegen, sind nachstehend wiedergegeben (Tab. 7). Die Formeln sagen aus, daß die Fruchtbarkeit eines Fisches um so größer ist, je größer a und b sind, wobei ein größerer Wert für b noch zusätzlich eine vermehrte Zunahme der Fruchtbarkeit bei steigendem Gewicht zur Folge hat. Der Faktor b ist in der Regel um so größer, je kleiner der zugeordnete Wert a ist. Diese ungleichsinnige Veränderung der beiden Regressionskoeffizienten hebt ihre Wirkung auf die Beziehung zwischen Eizahl und Gewicht bis zu einem gewissen Grade auf: je größer der Faktor b (Steigung der Geraden), desto größer die Zunahme der Eizahl mit dem Gewicht, je kleiner das additive Glied a (Verschiebung der Ausgleichsgeraden nach rechts, so daß a negativ werden kann), desto kleinere Eizahlen sind Fischen gleichen Gewichtes zugeordnet (Abb. 7). Während bei der Scholle infolge der einfachen Beziehung $F = K_g \cdot G$ die K_g -Werte (und ebenso die K_l -Werte) die relative Fruchtbarkeit der Art in den verschiedenen Seegebieten verläßlich wiedergeben, lassen die in den Gleichungen für die Flunder auftretenden 2 Konstanten ein rasches Urteil hierüber nicht zu, es sei denn, daß einer der beiden Werte wenig unterschiedlich ist, wie im Falle der Flundern aus Nordsee und Kattegat sowie aus dem Arkona—Bornholm-Gebiet und der Danziger Bucht.

Tabelle 7
Flunder, Regressionsgleichungen für die Abhängigkeit der
Eizahl (F) von Gewicht (G) und Länge (L).

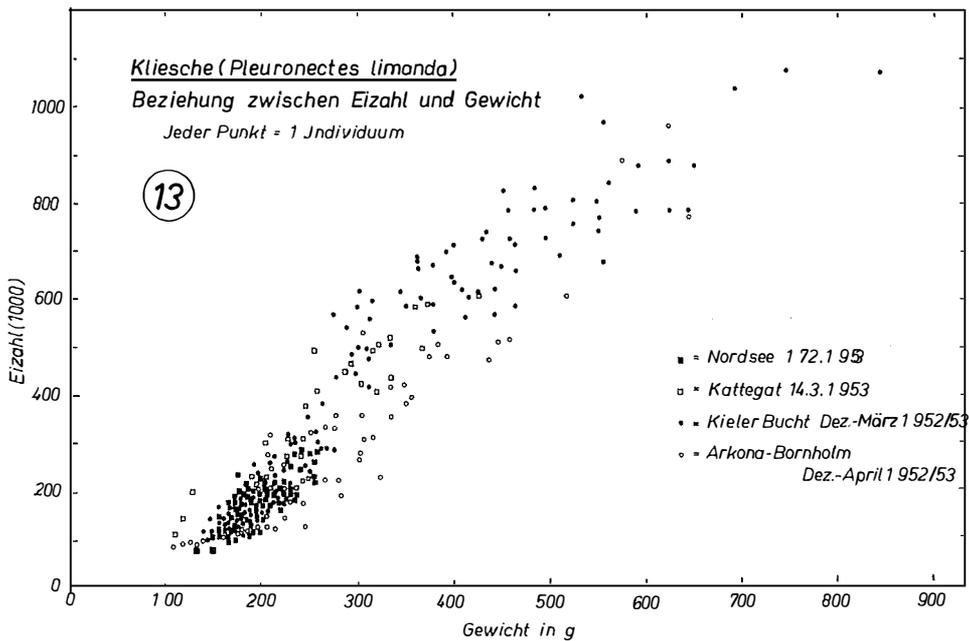
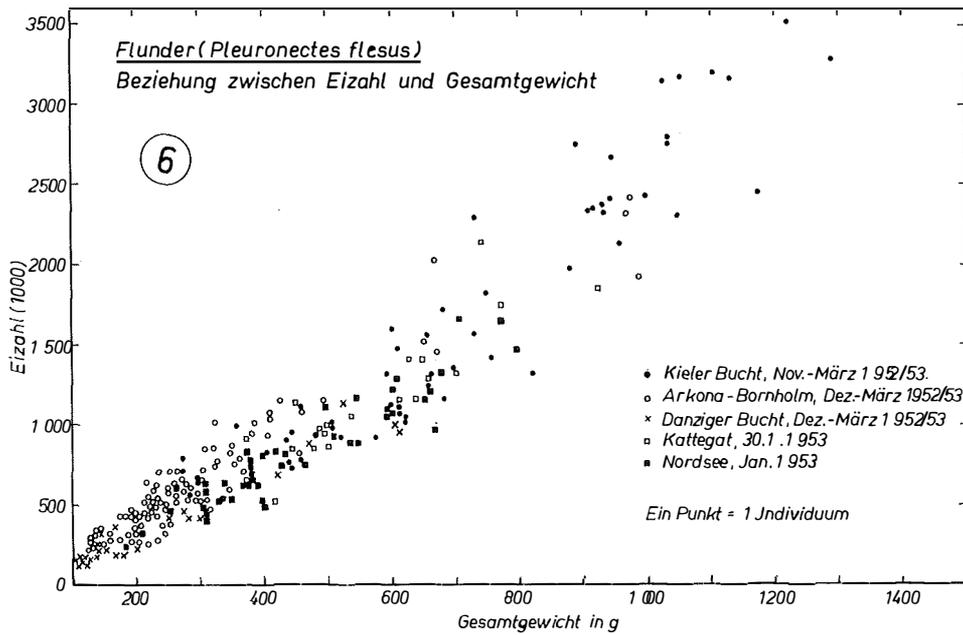
Gebiet	$F = f(G)$	$F = f(L^3)$	$F = f(L)$
südöstliche Nordsee	$2154 \cdot G - 150000$	$25,43 \cdot L^3 - 166000$	$85100 (L - 23,7)$
Kattegat	$2340 \cdot G - 153000$	$35,40 \cdot L^3 - 337000$	$136100 (L - 26,1)$
Kieler Bucht			
< 34 cm	$1126 \cdot G + 395000$	$15,00 \cdot L^3 + 401000$	$40500 (L - 9,9)$
> 34 cm	$4034 \cdot G - 1333000$	$50,10 \cdot L^3 - 982000$	$253800 (L - 30,9)$
Arkona-Bornholm	$2541 \cdot G - 88000$	$36,92 \cdot L^3 - 235000$	$106900 (L - 22,2)$
Danziger Bucht	$1875 \cdot G - 61000$	$26,92 \cdot L^3 - 119000$	$65400 (L - 20,0)$

Wie bei der Scholle, so übertreffen auch bei der Flunder die Populationen aus den westlichen Teilen der Ostsee ihre Artgenossen in der Nordsee an Fruchtbarkeit (Abb. 8, Tafel 8), wenn die Unterschiede auch nicht so groß sind wie bei der Scholle. Die Fische aus dem Kattegat nehmen eine mittlere Stellung ein. Bei den Flundern aus der Kieler Bucht erweist es sich als notwendig, die Abhängigkeit der Eizahl vom Gewicht durch 2 Ausgleichsgeraden darzustellen (unter 34 cm bzw. 550 g und über 34 cm bzw. 550 g). Bei kleineren Flundern steigt die Eizahl mit zunehmender Größe sehr viel langsamer als bei größeren Exemplaren. Dieses unterschiedliche Verhalten durch 2 Geraden darzu-

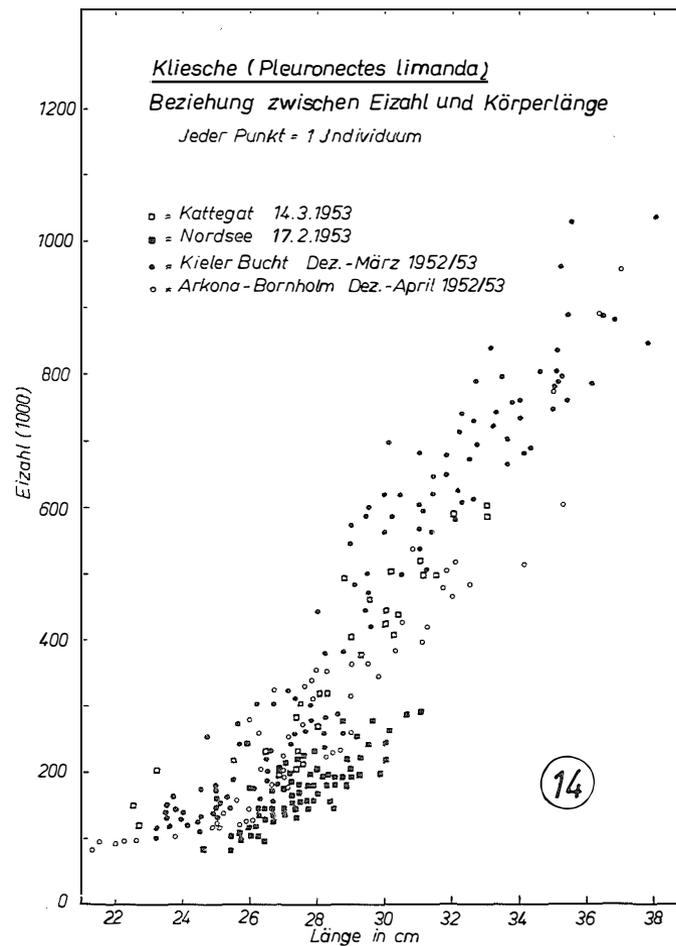
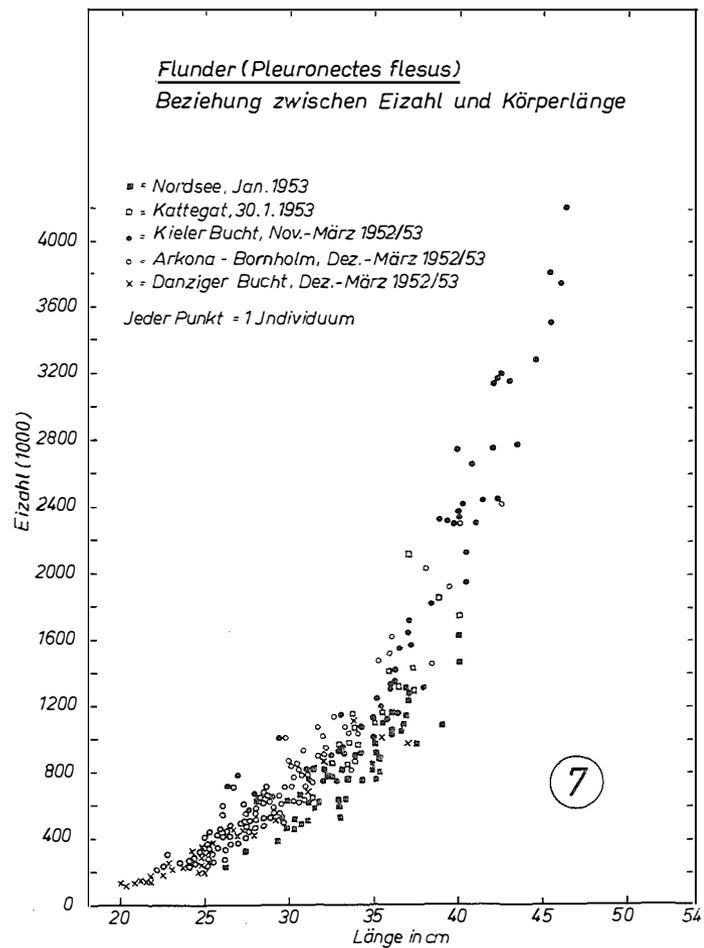
Legende zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 5)

Abb. 6: Flunder, Beziehung zwischen Eizahl und Körpergewicht.

Abb. 13: Kliesche, Beziehung zwischen Eizahl und Körpergewicht.



Tafel 5



stellen, ist ein Notbehelf und sicherlich eine Vergrößerung, die aber der Einfachheit halber gestattet sei, da das zu geringe Beobachtungsmaterial die rechnerische Erfassung einer komplizierteren Beziehung nicht lohnenswert erscheinen läßt.

Ostsee-einwärts nimmt die Fruchtbarkeit der Flunder wieder ab. Das zeigt sich bereits im Arkona—Bornholm-Gebiet, noch mehr in der Danziger Bucht, wo sich die Eizahlen wieder denen der Nordseeflundern annähern.

Wir können uns nunmehr nach dem bisher Gesagten bei den Erörterungen über die Beziehungen zwischen Eizahl und Länge bei den verschiedenen Flunderpopulationen (Abb. 7, 9—10) kürzer fassen. Wieder dürfen wir annehmen, daß im Hinblick auf die lineare Beziehung zwischen Eizahl und Gewicht des Fisches eine gleiche lineare Abhängigkeit der Eizahl von der 3. Potenz der Länge vorhanden ist. Daneben scheint es jedoch auch ratsam zu prüfen, ob auch bei der Flunder, ebenso wie bei der Ostseescholle, die Beziehungen zwischen Eizahl und Länge mit hinreichender Annäherung durch eine lineare Funktion dargestellt werden können.

Diese Gleichungen wurden mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate für jede Population aus den Mittelwerten der Längengruppen berechnet, und mittels ihrer wurden wiederum die theoretischen Eizahlen gewonnen, die in Tabelle 6 unter der zugehörigen Funktion eingetragen sind. Ferner sind angegeben die Differenzen zwischen den empirisch ermittelten und den errechneten theoretischen Eizahlen und die mittleren Abweichungen als Maß der mehr oder minder großen Übereinstimmung der empirisch ermittelten mit den theoretisch berechneten Zahlenreihen. Die erhaltenen Gleichungen sind in Tabelle 7 zusammengestellt. Wieder machen wir die überraschende Feststellung, daß die lineare Funktion $F = f(L)$ die Abhängigkeit der Eizahl von der Länge mit keiner größeren Ungenauigkeit wiedergibt als die Exponentialfunktion $F = f(L^3)$; nur in einem Falle (Arkona—Bornholm) ist die mittlere Abweichung erheblich größer. Der im Untersuchungsbereich liegende, nur schwach gebogene Teil der Exponentialkurve (Abb. 9) kann also in hinlänglicher Annäherung durch eine Gerade ersetzt werden (Abb. 10). Diese Vereinfachung bringt wiederum den sehr wertvollen Vorteil mit sich, daß der Schnittpunkt der Bezugsgeraden mit der x-Achse eine untere Grenze für die Größe des Fisches angibt, bei der er fortpflanzungsfähig werden kann. Sie liegt bei den großen Flundern der Kieler Bucht am höchsten, bei 31 cm; dann folgen das Kattegat mit 26 cm, die südöstliche Nordsee mit 24 cm, das Arkona—Bornholm-Gebiet mit 22 cm und schließlich das Danziger Becken mit 20 cm (Tabelle 7). Die angegebene Mindestgröße einer Laichflunder trifft für die Kieler Bucht nicht zu, sie wird hier bei sehr viel geringerer Größe geschlechtsreif, ergibt doch die an den kleineren Exemplaren unter 34 cm erhaltene Gleichung eine Mindestgröße von nur 10 cm, die jedoch niemals beobachtet wird. Wahrscheinlich beruht dieser von den sonstigen Verhältnissen abweichende Befund darauf, daß die sehr schnellwüchsigen Flundern der Kieler Bucht zu einem erheblichen Prozentsatz ein Jahr früher reif werden als in ernährungsmäßig weniger begünstigten Gebieten. Es gibt bei Säugetieren und Vögeln genug Beispiele dafür, daß eine im Verhältnis zur Norm vorzeitig einsetzende Fortpflanzung zunächst fast stets mit einer geringeren Fruchtbarkeit gekoppelt ist. Hier macht sich also ein beträchtlicher Alterseinfluß auf die Fruchtbarkeit geltend, der allerdings in der mittleren und östlichen Ostsee in diesem Ausmaße nicht festzustellen ist.

Hat somit bei der Gleichung $F = b(L - a/b)$ die Größe a/b ihre besondere Bedeutung, so nicht minder der Faktor b . Er gibt an, um welchen Betrag die Eizahl bei Zunahme der Länge des Fisches um 1 cm ansteigt. Somit können wir aus den in Tabelle 7 zu-

Legende zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 6)

Abb. 7: Flunder, Beziehung zwischen Eizahl und Körperlänge.

Abb. 14: Kliesche, Beziehung zwischen Eizahl und Körperlänge.

sammengestellten Gleichungen unmittelbar ablesen, daß die Fruchtbarkeit bei den großen Flundern der Kieler Bucht mit zunehmender Größe am raschesten ansteigt, es folgen das Kattegat, das Arkona—Bornholm-Gebiet und die südöstliche Nordsee, während die Danziger Bucht die Reihe beschließt. In ähnlicher Reihenfolge ordnen sich die Populationen, wenn die Eizahl als Funktion des Körpergewichts betrachtet wird; hierbei gibt der Wert b die Zunahme der Eizahl bei Vermehrung des Gewichts um 1 g an. Dieser Steigerungsbetrag beläuft sich bei den großen Flundern der Kieler Bucht auf 4034, im Arkona—Bornholm-Gebiet auf 2541, im Kattegat auf 2340, in der südöstlichen Nordsee auf 2154, und in der Danziger Bucht auf 1875. Die Reihenfolge ist die gleiche wie bei Betrachtung der Höhe der Fruchtbarkeit, mit Ausnahme der Nordsee und der Danziger Bucht, die ihre Plätze vertauscht haben.

Auf den sehr beträchtlichen Einfluß des Alters auf die Fruchtbarkeit der Flundern in der Kieler Bucht ist bereits hingewiesen worden, da er der Anlaß ist, für die kleineren Exemplare unter 34 cm (fast ausnahmslos 3-jährig) und die größeren über 34 cm (zumeist im Alter von 4—6 Jahren) verschiedene Gleichungen für die Beziehungen zwischen Eizahl und Gewicht bzw. Länge aufzustellen. Wenn sich auch bei den anderen untersuchten Populationen deutliche Hinweise auf den Steigerungseffekt des Alters finden — so z. B. bei Nordseeflundern von 31—33 cm Länge, deren durchschnittliche Eizahl bei 5-jährigen Exemplaren um 18% größer ist als bei 4-jährigen — so reicht das Beobachtungsmaterial doch meist nicht für einen exakten Nachweis aus. Ein solcher kann am ehesten noch an den Flundern aus dem Gebiet Arkona—Bornholm erbracht werden, wie die nachstehende Tabelle zeigt:

Tabelle 8
Flunder (Arkona—Bornholm), Beziehung zwischen Eizahl ($\times 1000$),
Länge und Alter (in Klammern: Anzahl)

Länge cm	Alter in Jahren (aufgerundet)			
	3	4	5	6
25,0—25,9	297 (5)	328 (7)		
26,0—26,9	416 (2)	450 (8)	456 (2)	
27,0—27,9	472 (3)	455 (4)	608 (1)	
28,0—28,9	518 (2)	579 (11)	640 (1)	
29,0—29,9	588 (3)	636 (6)	707 (1)	
30,0—30,9		613 (3)	828 (4)	888 (1)
31,0—31,9		715 (4)	869 (2)	1095 (1)
32,0—32,9		971 (2)	1023 (2)	
33,0—33,9		984 (2)		1092 (1)

Der Steigerungseffekt des Alters ist deutlich zu erkennen, er beträgt von der III- zur IV-Gruppe im Mittel 7,6%, von der IV- zur V-Gruppe 17,1%. Die Alterszusammensetzung des Laichfischbestandes ist also von erheblicher Bedeutung für die Größe der Eiproduktion, ältere Tiere erzeugen mehr Eier als jüngere von der gleichen Länge, und die rechnerische Beziehung zwischen Eizahl und Gewicht bzw. Länge ändert sich mit der Alterszusammensetzung.

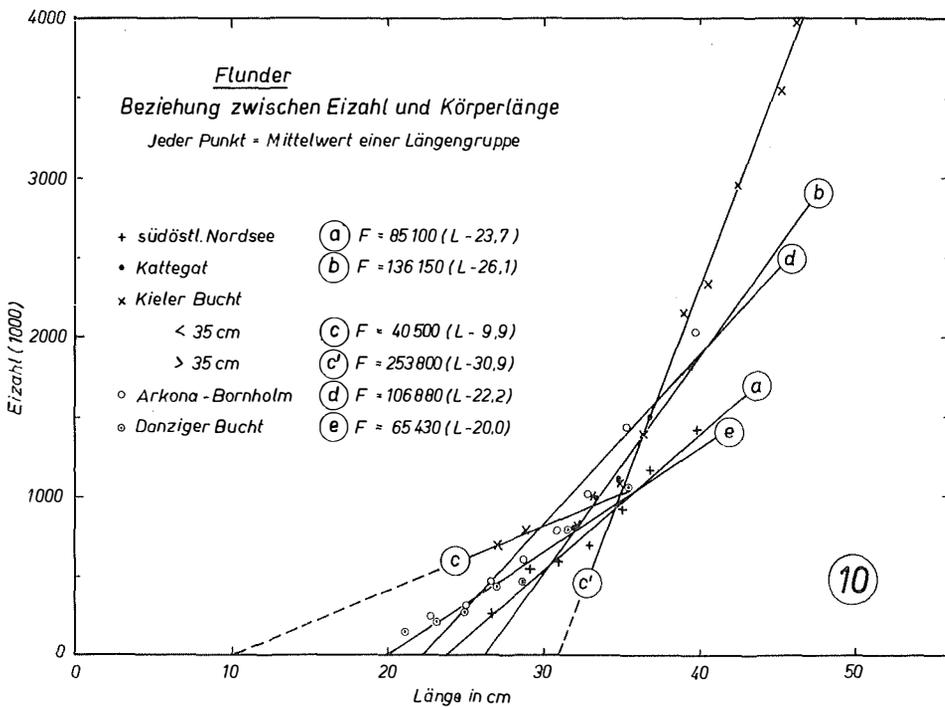
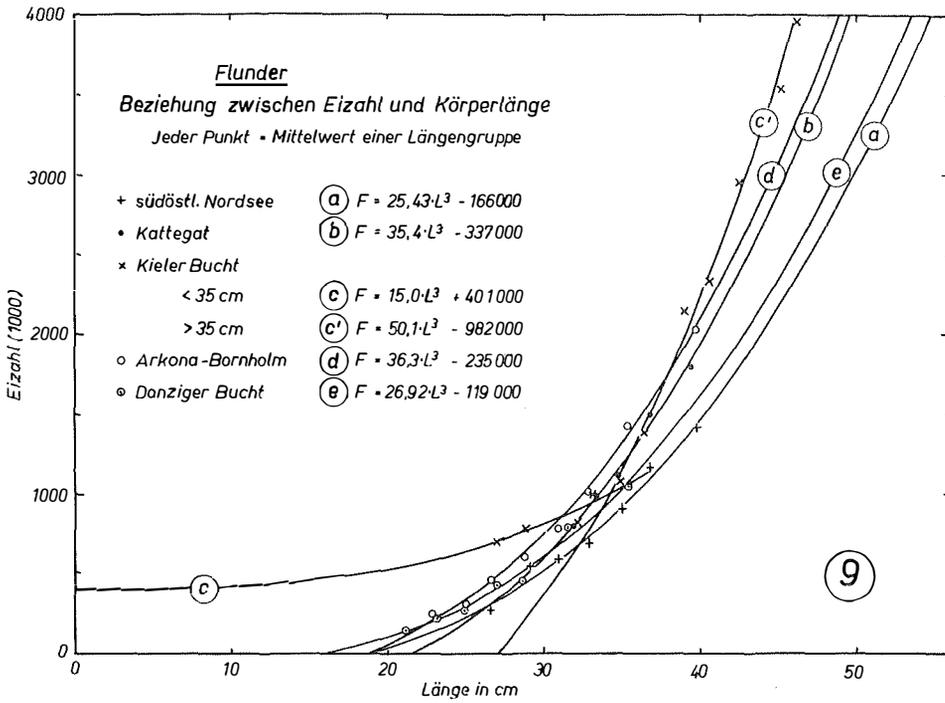
5. Scholle — Flunder — Bastard, *Pleuronectes pseudoherlesus* (GOTTSCHKE).

An den in der Ostsee nicht seltenen Bastarden zwischen Scholle und Flunder (R. KÄNDLER 1935) standen für Eizählungen trotz sorglicher Kontrolle der Marktlandungen und der Bemühungen der Fischereiaufsicht und bekannter Fischer, denen diese Tiere als „Blender“ wohl bekannt sind, nur 12 Exemplare zur Verfügung, deren Untersuchungs-

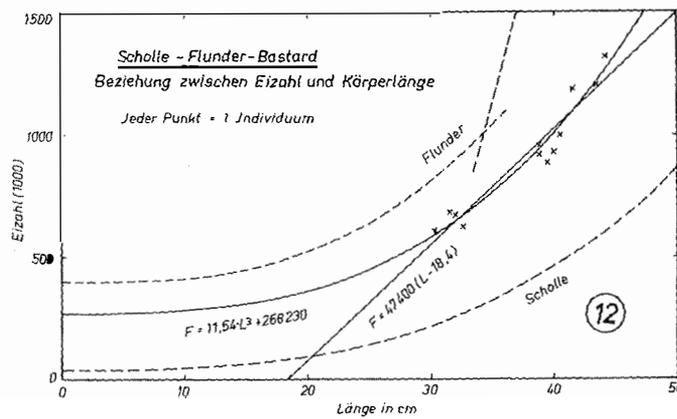
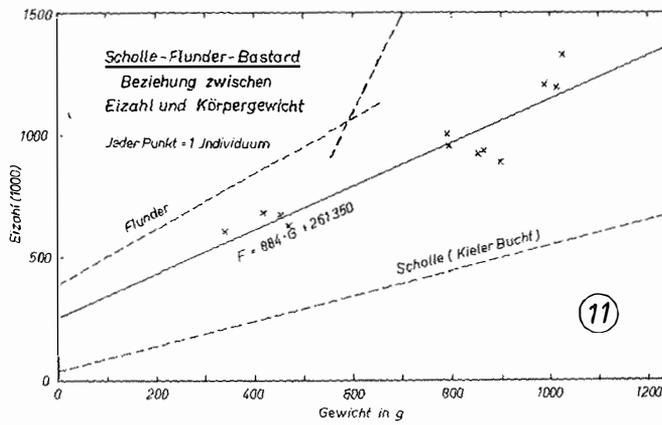
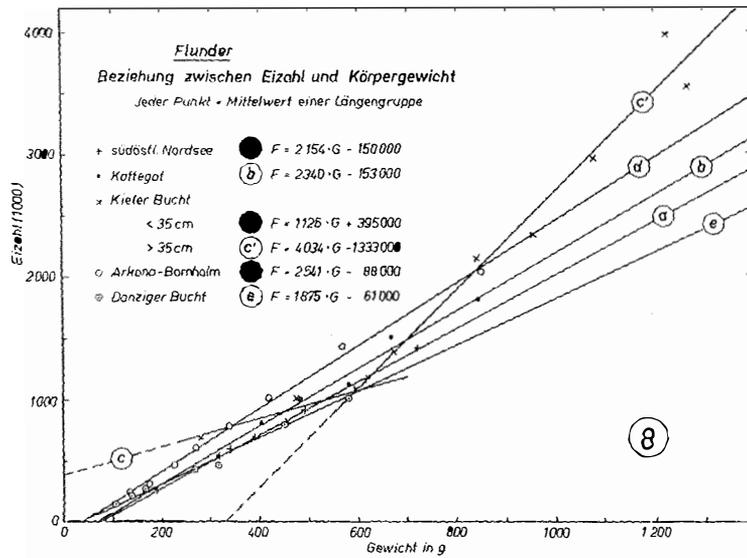
Legende zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 7)

Abb. 9: Flunder, Regressionslinien für $F = f(L^3)$ nach Mittelwerten der Längengruppen.

Abb. 10: Flunder, Regressionsgeraden für $F = f(L)$ nach Mittelwerten der Längengruppen.



Tafel 7



Tafel 8

befunde ihrer grundsätzlichen Bedeutung wegen nachstehend im einzelnen, zusammen mit den Ergebnissen der Berechnungen, wiedergegeben sind.

Tabelle 9
Scholle—Flunder—Bastard, Kieler Bucht. Beziehung zwischen
Eizahl, Länge und Gewicht. Einzelwerte.

Länge cm	Gewicht g	Eizahl × 1000	berechnete Eizahlen und Differenzen (beob.-berechn.)					
			f (G)	a	f (L ³)	a	f (L)	a
30,4	340	607	562	45	592	15	568	39
31,6	418	684	631	53	632	52	625	59
32,0	453	676	662	14	646	30	644	32
32,6	470	624	677	— 53	668	—44	672	— 48
38,8	794	955	963	— 8	942	13	966	— 11
38,8	855	920	1017	— 97	942	—22	966	— 46
39,5	900	888	1057	—169	979	—91	1001	—113
40,0	865	933	1026	— 93	1007	—74	1023	— 90
40,5	790	1002	960	42	1035	—33	1047	— 45
41,5	1015	1192	1158	34	1093	99	1095	97
43,5	990	1205	1136	69	1218	—13	1189	16
44,2	1027	1332	1169	163	1264	68	1222	110
mittl. Abweichung			±89,8		±57,1		±70,9	

Die aus den Einzelbeobachtungen berechneten Gleichungen, die den Berechnungen der theoretischen Eizahlen in Tabelle 9 zugrunde liegen, sind folgende:

$$\begin{aligned}
 F = f(G) : F &= 883,86 \cdot G + 261350 \\
 F = f(L^3) : F &= 11,54 \cdot L^3 + 268230 \\
 F = f(L) : F &= 47403 \cdot L - 872880 = 47403 (L - 18,4)
 \end{aligned}$$

Zum Vergleich seien ihnen die entsprechenden Gleichungen für die Eltern-Arten aus der Kieler Bucht gegenübergestellt:

	Scholle	Flunder (> 34 cm)
$F = f(G) :$	$F = 511,4 \cdot G + 37930$	$F = 4034 \cdot G - 1333200$
$F = f(L^3) :$	$F = 6,551 \cdot L^3 + 38580$	$F = 50,1 \cdot L^3 - 982100$
$F = f(L) :$	$F = 40131 (L - 27,9)$	$F = 253800 (L - 30,9)$

Wenn der Vergleich auch durch die sehr unterschiedliche Größe a erschwert wird, so erkennt man doch bei eingehender Prüfung, daß der Bastard hinsichtlich seiner Fruchtbarkeit eine Mittelstellung zwischen den Elternarten einnimmt. Eine Ordnung nach steigenden Werten von b ergibt stets die Reihenfolge Scholle—Bastard—Flunder. In den Diagrammen (Abb. 11, 12) kommt dies sehr anschaulich zum Ausdruck. Da die Regressionsgleichungen an Hand der einzelnen Wertepaare und nicht wie bisher mit Gruppenwerten berechnet worden sind, seien die Beobachtungswerte einmal näher hinsichtlich ihrer Übereinstimmung mit den mittels der 3 Gleichungen errechneten theoretischen Eizahlen betrachtet (Tabelle 10). Die mittlere Abweichung ist bei Wertung der Eizahl als Funktion des Gewichts am größten, rd. 90000; die maximalen Abweichungen betragen 14—16% der theoretisch zu erwartenden Werte. Am geringsten ist die mittlere Abweichung mit rd. 57000 bei der Eizahl als Funktion der 3. Potenz der Länge, die maximalen Abweichungen der Einzelbeobachtungen betragen hier 8,6% des theo-

Legende zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 8)

- Abb. 8: Flunder, Regressionsgeraden für $F = f(G)$ nach Mittelwerten der Längengruppen.
 Abb. 11: Scholle-Flunder-Bastard, Beziehung zwischen Eizahl und Körpergewicht, Einzelwerte und Regressionsgeraden für $F = f(G)$, Bastard und Elternarten in der Kieler Bucht.
 Abb. 12: Scholle-Flunder-Bastard, Beziehung zwischen Eizahl und Körperlänge, Einzelwerte und Regressionslinien für $F = f(L^3)$ und $F = f(L)$, Bastard und Elternarten in der Kieler Bucht.

retischen Wertes. Bei Betrachtung der Eizahl als lineare Funktion der Länge ist die mittlere Abweichung mit rd. 71 000 zwar größer als bei $f(L^3)$, aber kleiner als bei $f(G)$, und die maximalen Abweichungen der Einzelwerte betragen nur rd. 10% der theoretischen Werte. Wir kommen also zu einem überraschenden Ergebnis: Die 3 so unterschiedlichen Funktionen erbringen für das Längenintervall von 30 bis 44 cm zwar im einzelnen recht unterschiedliche Werte, die Streuung der Differenzen zwischen ihnen und den Beobachtungsdaten ist jedoch nahezu gleich zu bewerten, und die Eizahl als lineare Funktion der Länge schneidet dabei keineswegs am schlechtesten ab. Für alle 3 theoretischen Zahlenreihen gilt das gleiche: ihre Werte sind an den Flügeln zu niedrig, im mittleren Bereich zu hoch. Diese Einzelheiten werden besonders deutlich, wenn man die Beobachtungsdaten und die Regressionslinien für $F = f(L^3)$ und $F = f(L)$ in ein Koordinatensystem einträgt (Abb. 11). Ungeachtet ihres so unterschiedlichen Verlaufes außerhalb des Beobachtungsbereiches gelangen sie innerhalb dieses Bereiches nahezu zur Deckung.

6. Kliesche, *Pleuronectes limanda* L. (syn. *Limanda limanda*)

Bisher hat nur T. W. FULTON (1891) an 3 Klieschen aus dem Firth of Forth Eizählungen durchgeführt, die folgende Ergebnisse hatten:

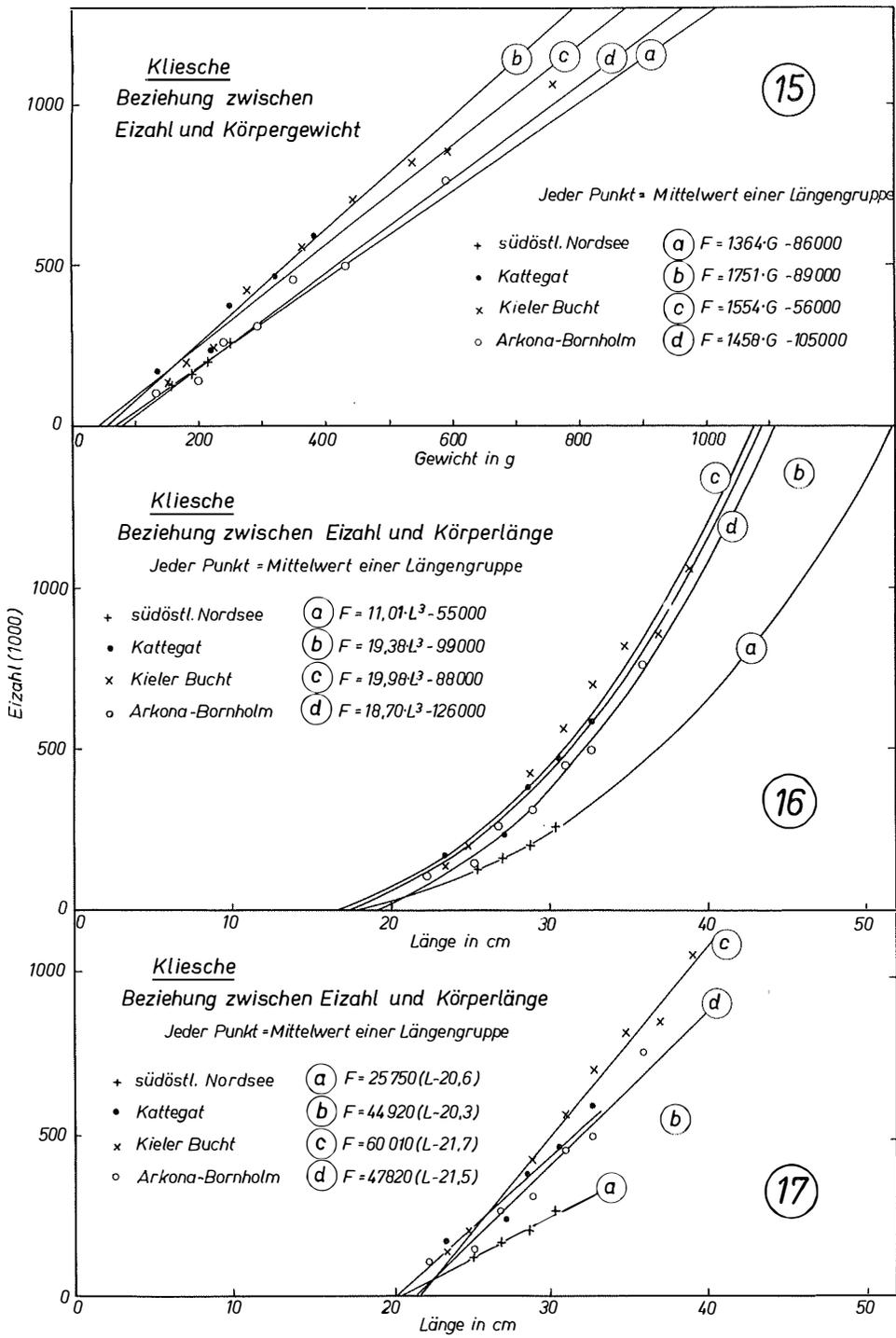
Länge cm	Gewicht g	Eizahl
18.0	60	79000
21.0	87	110000
21.5	102	129000

Wohl auf Grund dieser Befunde bemerkt E. EHRENBAUM (1936): Ein mittelgroßes Weibchen enthält nur etwa 100000 Eier.

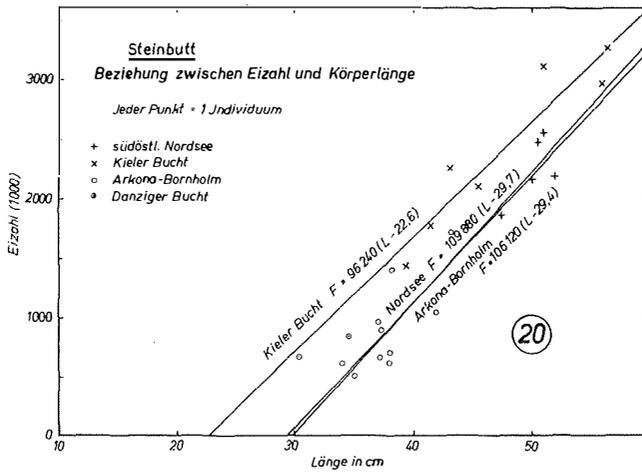
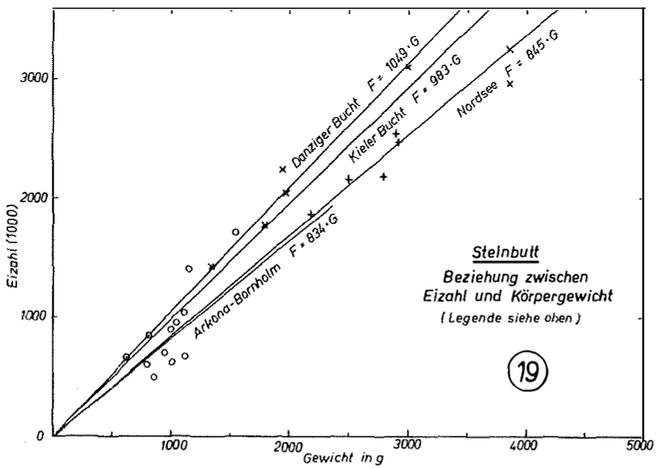
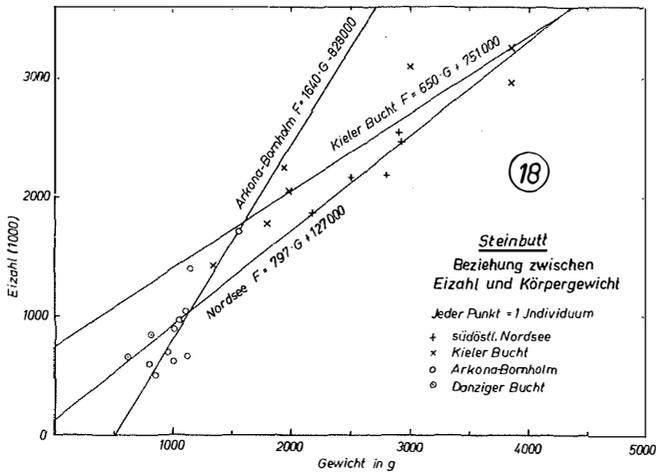
Den folgenden Ausführungen liegen Untersuchungen an insgesamt 269 Klieschen zugrunde, von denen 70 aus der Nordsee, 30 aus dem Kattegat, 117 aus der Kieler Bucht und 52 aus dem Gebiet Arkona—Bornholm stammen (Abb. 13 auf Tafel 5, Abb. 14 auf Tafel 6). Die mathematische Auswertung der Untersuchungsergebnisse erfolgte in der gleichen Weise wie bei der Flunder. Das Beobachtungsmaterial ist in Tabelle 10, in 2-cm-Gruppen zusammengefaßt, mit den zugehörigen Mittelwerten von Länge, Gewicht und Eizahl zusammengestellt. Hinzugefügt sind die theoretischen Eizahlen, die sich an Hand der 3 Regressionsgleichungen für die Beziehungen zwischen Eizahl, Gewicht und Länge (Tabelle 11) ergeben, sowie die Differenzen zwischen diesen und den empirisch ermittelten Eizahlen. Die mittlere Abweichung gestattet wiederum ein Urteil über den Grad der Übereinstimmung der empirischen mit den berechneten Zahlenreihen.

Den Gleichungen ist zu entnehmen, daß die Fruchtbarkeit der Kliesche im Gebiet Kattegat—Beltsee am größten und sowohl in der Nordsee als auch in der Ostsee geringer ist. Man muß unterscheiden zwischen der Fruchtbarkeit eines Fisches gleicher Länge oder gleichen Gewichtes in den verschiedenen Gebieten, die von den Größen a und b bestimmt wird, und der Zunahme der Eizahl bei Zunahme der Länge bzw. des Gewichtes, die je 1 cm bzw. 1 g durch den Wert b in den entsprechenden Gleichungen angegeben wird. Danach steht hinsichtlich der Länge die Kieler Bucht, hinsichtlich der Gewichtsveränderung das Kattegat an der Spitze, während die Nordsee die letzte Stelle einnimmt. Die Kliesche verhält sich also in bezug auf die Größe der Eiproduktion nicht anders als die beiden anderen bisher besprochenen Pleuronectiden-Arten Scholle und Flunder; bei allen 3 Arten nimmt die Fruchtbarkeit von der Nordsee zum Kattegat und zur Beltsee zu, um weiter ostsee-einwärts wieder abzunehmen.

Von besonderem Interesse ist wiederum die Frage, welche der angewandten Regressionsgleichungen sich den empirisch ermittelten Eizahlen am besten anpaßt. Es handelt sich bei diesen, wie nachdrücklich betont sei, um Mittelwerte, die an Längen-



Tafel 9



Tafel 10

Tabelle 10
Kliesche, Beziehung zwischen Eizahl, Gewicht und Länge,
Mittelwerte der Längengruppen

Anzahl	Länge cm	mittl. Länge cm	mittl. Gewicht g	mittl. Eizahl × 100●	berechnete Eizahlen und Differenzen					
					f (G)	a	f (L ³)	a	f (L)	a
südöstliche Nordsee										
9	24,0—25,9	25,5	158	131	129	2	128	3	81	50
36	26,0—27,9	27,0	180	162	160	2	162	0	147	15
20	28,0—29,9	28,8	216	200	209	— 9	208	— 8	227	—27
5	30,0—31,0	30,4	250	260	255	5	256	4	297	—37
mittlere Abweichungen					±4,9			±5,5		±40,1
Kattegat										
4	22,0—25,9	23,4	135	172	147	25	153	19	139	33
8	26,0—27,9	27,2	219	234	294	—60	293	—59	310	—76
7	28,0—29,9	28,6	250	379	349	30	357	22	373	6
8	30,0—31,9	30,6	320	466	471	— 5	459	7	463	3
3	32,0—33,9	32,7	382	590	580	10	581	9	557	33
mittlere Abweichung					±36,2			±33,4		±44,7
Kieler Bucht										
9	23,0—23,9	23,5	152	135	180	—45	172	—37	106	29
18	24,0—25,9	24,9	183	201	228	—27	221	—20	190	11
17	26,0—27,9	26,9	224	242	292	—50	301	—59	310	—66
17	28,0—29,9	28,9	278	422	375	47	395	27	430	— 8
17	30,0—31,9	31,0	365	560	511	49	508	52	556	4
17	32,0—33,9	32,8	444	702	633	69	618	84	664	38
15	34,0—35,9	34,8	538	817	779	38	754	63	784	33
4	36,0—37,9	37,0	596	853	869	—16	924	—71	916	—63
3	38,0—40,0	39,0	759	1058	1123	—65	1098	—40	1036	22
mittlere Abweichung					±50,7			±57,4		±39,3
Arkona-Bornholm										
6	21,0—23,9	22,3	132	105	87	18	81	24	39	66
7	24,0—25,9	25,3	200	143	166	—43	176	—33	183	—40
15	26,0—27,9	26,8	239	260	243	17	233	27	254	6
9	28,0—29,9	29,0	294	310	323	—13	330	—20	360	—50
7	30,0—31,9	31,1	349	450	403	47	430	14	460	—10
4	32,0—34,9	32,7	432	494	524	—30	527	—33	537	—43
4	35,0—37,0	35,9	590	759	755	4	739	20	690	69
mittlere Abweichung					±31,0			±27,3		±50,3

Tabelle 11
Kliesche, Regressionsgleichungen für die Abhängigkeit der Eizahl (F)
von Gewicht (G) und Länge (L)

Gebiet	F = f (G)	F = f (L ³)	F = f (L)
südöstliche Nordsee	1364 · G — 86000	11,01 · L ³ — 55000	25750 (L — 20,6)
Kattegat	1751 · G — 89000	19,38 · L ³ — 99000	44900 (L — 20,3)
Kieler Bucht	1554 · G — 56000	19,98 · L ³ — 88000	60000 (L — 21,7)
Arkona-Bornholm	1458 · G — 105000	18,70 · L ³ — 126000	47800 (L — 21,5)

gruppen von z.T. sehr ungleicher Repräsentation gewonnen sind, die jedoch ungeachtet dessen alle mit dem gleichen Gewicht in die Rechnung eingehen. Dies gilt auch für die Berechnung der mittleren Abweichung als Maß der Übereinstimmung der empirischen mit der theoretischen Zahlenreihe, obgleich doch eine größere Abweichung eines an einer größeren Anzahl erhaltenen Mittelwertes stärker ins Gewicht fallen sollte als bei nur

wenigen Exemplaren. Andererseits ist gerade den weniger häufigen größeren Individuen mit hohen Eizahlen ein stärkerer Einfluß auf die Rechnung einzuräumen als den sehr viel häufigeren kleinen und mittelgroßen Exemplaren. Deshalb dürften auch die an allen individuellen Wertepaaren errechneten Gleichungen keine bessere Lösung des vorliegenden Problems bringen, die Abhängigkeit der Eizahl von Länge und Gewicht mathematisch so exakt wie möglich zu erfassen. Man würde diesem Ziel am nächsten kommen, wenn man bei der Materialsammlung danach trachten würde, von jeder Größengruppe gleichviele Individuen zu untersuchen, was jedoch zumeist an dem zur Verfügung stehenden Material scheitert. Deshalb haben wir uns zunächst mit der hier angewandten Methode begnügt, wenn wir uns auch im Klaren sind, daß sie verbesserungsfähig ist und insbesondere die mathematische Behandlung des Zahlenmaterials sachgerechter erfolgen könnte. Für einen ersten Überblick über das hier behandelte Problem sind die auf diese Weise gewonnenen Ergebnisse jedoch ausreichend, wenn sie auch zu weiteren Überlegungen und Berechnungen auffordern.

Wenn wir in Tabelle 10 die mittels der Regressionsgleichungen berechneten Eizahlen auf ihre Übereinstimmung mit den beobachteten Werten an Hand der mittleren Abweichung prüfen, so stellen wir fest, daß nur einmal (Kieler Bucht) die lineare Funktion $F = f(L)$ die am besten übereinstimmende Werte ergibt, in den anderen Fällen steht sie in dieser Hinsicht an letzter Stelle. Die Funktionen $F=f(G)$ und $F=f(L^3)$ sind etwa gleichwertig, die nach ihnen berechneten Werte zeigen meist nahezu den gleichen Grad der Übereinstimmung, in ihnen dürfen wir deshalb den besten Ausdruck für die Beziehungen der Eizahl zu Gewicht und Länge sehen. Daß ausgerechnet bei den Klieschen der Kieler Bucht die lineare Funktion $F=f(L)$ die beste Angleichung der Werte ergibt, obwohl hier die Längenvariation (23—40 cm) am größten ist, ist vielleicht ein sonderbarer Zufall. Gerade bei dieser Population zeigen sich systematische Abweichungen der empirischen Werte bei kleinen, mittelgroßen und großen Exemplaren, die bei Annahme linearer Abhängigkeit von der Länge weniger ausgeprägt sind.

Alle Einzelheiten und der Grad der Übereinstimmung, die aus den Tabellen erst bei eingehendem Studium zu ersehen sind, werden deutlich, wenn die Ergebnisse graphisch ausgewertet werden (Abb. 15—17). Man erkennt, daß sich der Verlauf der Regressionslinien mehr oder minder gut den Mittelwerten anpaßt, und man mag im Zweifel sein,

Tabelle 12
Kliesche, Beziehung zwischen Eizahl ($\times 1000$), Länge und Alter
(in Klammern: Anzahl)

Länge cm	Nordsee			Kieler Bucht		
	3 Jahre	4 Jahre	5 Jahre	3 Jahre	4 Jahre	5 Jahre
25,5	101 (4)	173 (4)				
26,5	126 (5)	136 (7)	210 (1)	202 (7)	237 (3)	
27,5	150 (4)	173 (15)	218 (3)	273 (4)	298 (3)	
28,5	191 (1)	186 (10)	180 (1)	286 (2)	344 (6)	
29,5		208 (5)	242 (3)		525 (8)	
30,5		232 (2)	272 (2)	505 (1)	604 (5)	
31,5					595 (9)	640 (2)
32,5					687 (7)	651 (3)
33,5					708 (3)	775 (4)
34,5					680 (2)	766 (3)

Legende zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 9)

Abb. 15: Kliesche, Regressionsgeraden für $F = f(G)$ nach Mittelwerten der Längengruppen.

Abb. 16: Kliesche, Regressionslinien für $F = f(L^3)$.

Abb. 17: Kliesche, Regressionsgeraden für $F = f(L)$.

welche der 3 aufgestellten Funktionen die Verhältnisse am besten wiedergibt. Aus theoretischen Erwägungen kann dies nicht die lineare Funktion $F=f(L)$ sein, wenn die sie darstellende Gerade sich auch gelegentlich den gegebenen Werten besser anpaßt als die im $F-L$ -Diagramm als schwach gekrümmte Exponentialkurve sich darstellende Funktion $F=f(L^3)$.

Die umfangreichen Proben aus der Nordsee und der Kieler Bucht gestatten auch, dem Einfluß des Alters auf die Fruchtbarkeit der Kliesche nachzugehen (Tab. 12).

Die Zunahme der Eizahl mit steigendem Alter bei gleichbleibender Länge ist offensichtlich, sie beträgt bei Nordseetieren von der III- zur IV-Gruppe (das unvollendete letzte Jahr voll gezählt) im Mittel 16%, von der IV- zur V-Gruppe 6%. Die entsprechenden Zahlen lauten bei Klieschen aus der Kieler Bucht 7 und 22%. Dieser Alterseffekt ist von nicht zu unterschätzender Bedeutung bei dem Bestreben, die Beziehungen zwischen Eizahl, Gewicht und Länge in Form einer Gleichung darzustellen, da er notwendig gewisse Unregelmäßigkeiten in diese Beziehungen bringt. Auch hier könnte vielleicht eine eingehende mathematische Analyse der jeweils für eine Altersgruppe erhaltenen Werte einen tieferen Einblick in die Zusammenhänge bringen, doch ist das Material hierfür zu wenig umfangreich, und in dem gegenwärtigen Anfangsstadium dieser Untersuchungen scheint es nicht angebracht, die Beobachtungsdaten zu überfordern, da die Werte zu stark streuen und vielleicht für eine so ins einzelne gehende Analyse nicht zuverlässig genug sind.

7. Steinbutt, *Rhombus maximus* L. (syn. *Scophthalmus maximus*)

Auch am Steinbutt sind nur von T. W. FULTON (1891) einige Eizählungen vorgenommen worden. Er stellte dabei fest, daß diese Art zu den fruchtbarsten Seefischen gehört. Seine Ergebnisse sind nachstehend aufgeführt:

Länge cm	Gewicht g	Eizahl
61,0	6300	8104000
71,0	7760	9162000
	8100	5371000
	8300	9821000
	9450	10115000

Dem Umfang unserer Untersuchungen waren wegen des hohen Preises des Steinbutts Grenzen gesetzt. Zudem ist er in der Ostsee nicht sehr häufig, so daß nur wenige Exemplare zu gegebener Zeit zur Verfügung standen. Insgesamt wurden an 24 Exemplaren Eizählungen ausgeführt, die sich folgendermaßen auf die verschiedenen Meeresgebiete verteilen; Nordsee 5, Kieler Bucht 7, Arkona—Bornholm-Gebiet 10, Danziger Bucht 2. Die wenigen dabei erhaltenen Daten gestatten keine sehr zuverlässige Analyse der bestehenden Beziehungen zwischen Eizahl, Gewicht und Länge. Trotzdem wollen wir auch hierbei nach der bei den anderen Arten bewährten mathematischen Methode verfahren, um neben der unmittelbaren Anschauung der graphischen Darstellung der Einzelwerte (Abb. 17—19) noch Vergleichswerte zu gewinnen, in denen die Zufälligkeiten der Einzelbestimmungen bis zu einem gewissen Grade ausgeglichen sind. Allerdings begnügen wir uns bei der Abhängigkeit der Eizahl von der Länge mit der Aufstellung der linearen

Legende zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 10)

Abb. 18: Steinbutt, Beziehung zwischen Eizahl und Körpergewicht, Einzelwerte und Regressionsgeraden für $F = f(G)$.

Abb. 19: Steinbutt, Beziehung zwischen Eizahl und Körpergewicht, Einzelwerte und Ausgleichsgeraden für $F = K_g \cdot G$.

Abb. 20: Steinbutt, Beziehung zwischen Eizahl und Körpergewicht, Einzelwerte und Regressionsgeraden für $F = f(L)$.

Funktion $F=f(L)$, da es wenig sinnvoll erscheint, bei so wenigen und z.T. sehr gedrängt liegenden Werten (Abb. 19) eine höhere Funktion zu berechnen. Dagegen legt die graphische Darstellung der Beobachtungswerte, besonders für Nordsee und Kieler Bucht, den Gedanken nahe, zu untersuchen, ob nicht bereits eine einfache Proportionalität zwischen Eizahl und Gewicht die Beziehung mit hinreichender Genauigkeit wiedergibt, wie es auch bei der Scholle der Fall ist. In der folgenden Tabelle 13 sind alle empirisch ermittelten Einzelwerte zusammengestellt, dazu die theoretischen Eizahlen, die sich als lineare Funktionen des Gewichts und der Länge sowie in einfacher Relation zum Gewicht mittels des Quotienten $F/G = K_g$ ergeben. Für jede theoretische Zahlenreihe sind die Abweichungen der Werte der empirischen Reihe von jener und die mittlere Abweichung zugefügt.

Tabelle 13
Steinbutt, Beziehungen zwischen Eizahl, Gewicht und Länge
Einzelwerte

Länge cm	Gewicht g	Eizahl × 1000	F/G	berechnete Eizahlen und Differenzen					
				$K_g \cdot G$	a	f(G)	a	f(L)	a
südöstliche Nordsee									
47,5	2180	1866	0,856	1842	24	1864	2	1951	-85
50,0	2500	2162	0,865	2113	49	2119	-43	2225	-63
50,5	2915	2473	0,848	2463	10	2450	-23	2280	193
51,0	2905	2549	0,877	2455	94	2442	-107	2335	214
52,0	2800	2184	0,780	2366	-182	2359	175	2445	-261
mittlere Abweichung				±106		±106		±201	
Mittelwert $K_g = 0,845$									
Kieler Bucht									
39,3	1345	1426	1,060	1322	104	1626	-200	1608	-182
41,5	1800	1776	0,987	1769	7	1922	-146	1818	-42
43,1	1945	2244	1,154	1912	332	2016	228	1973	271
45,5	1985	2052	1,034	1951	101	2042	10	2203	-151
51,0	3005	3100	1,031	2954	146	2705	395	2734	366
56,0	3860	2970	0,769	3794	-84	3261	-291	3214	-244
56,5	3859	3256	0,844	3793	-57	3260	-4	3264	-4
mittlere Abweichung				±432		±243		±233	
Mittelwert $K_g = 0,983$									
Arkona-Bornholm									
34,0	796	605	0,760	664	-59	477	128	485	120
35,0	850	504	0,593	709	-205	566	-62	591	-87
37,0	1046	955	0,913	872	83	887	68	802	153
37,2	1120	660	0,589	934	-274	1007	-347	824	-164
37,3	1005	888	0,884	838	50	819	69	635	53
38,0	960	704	0,734	801	-97	745	-41	910	-206
38,0	1010	620	0,614	842	-222	827	-207	910	-290
38,2	1150	1400	1,217	959	441	1057	343	930	470
42,0	1110	1040	0,937	926	114	991	49	1335	-295
43,2	1550	1710	1,103	1293	417	1712	-2	1460	250
mittlere Abweichung				±252		±187		±252	
Mittelwert $K_g = 0,834$									
Danziger Bucht									
30,4	620	660	1,064	650	10				
34,5	812	840	1,034	852	-12				
Mittelwert $K_g = 1,049$									

Sowohl die Werte der Tabelle 13 als auch die graphische Darstellung (Abb. 18—20) zeigen, daß die empirisch festgestellten Eizahlen jeweils als lineare Funktion einer der 3 Größen aufgefaßt werden können, da die dabei auftretenden Abweichungen der beobachteten von den theoretischen Werten sich selbst in extremen Fällen innerhalb der natürlicherweise vorkommenden erheblichen Streuung der Eizahl bei gleicher Länge bzw. gleichem Gewicht halten. Die maximale Differenz beläuft sich bei den Exemplaren aus der Nordsee auf 11%, bei solchen aus der Kieler Bucht auf 22%, aus dem Arkona—Bornholm-Gebiet auf 35% der theoretischen Werte. Aus den am Fischmarkt in Hamburg angelandeten Kutterfängen wurden möglichst kleine Fische ausgewählt, um diese mit dem langsamer wachsenden Steinbutt aus der Ostsee vergleichen zu können. Deshalb ist hierbei nur ein sehr geringer Teil (47—52 cm) des bis über 1 m reichenden Größenbereiches des Nordseesteinbutts erfaßt worden, und die Streuung der Werte ist verhältnismäßig gering. Die mittlere Abweichung beträgt nur 5—9% der mittleren Eizahl aller untersuchten Exemplare, sie ist am größten bei Betrachtung der Eizahl als lineare Funktion der Länge. Bei den Exemplaren aus der Kieler Bucht schneidet diese Funktion dagegen mit einer mittleren Abweichung von 10% der durchschnittlichen Eizahl am besten ab, bei den Fischen aus der mittleren Ostsee ist sie mit 27% am größten.

Obwohl die wenigen am Steinbutt erhaltenen Eizahlen eigentlich die Vornahme einer derartigen mathematischen Analyse gar nicht rechtfertigen, ist dieses Beispiel andererseits geeignet, die Möglichkeiten und Grenzen der angewandten Methode zu kennzeichnen. Bei graphischer Interpretation ist es gerade bei wenigen Werten oft sehr dem subjektiven Empfinden anheimgestellt, wie man die Regressionslinie zieht; die Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate bürgt dagegen für ihren objektiv richtigen Verlauf, womit jedoch über die Zuverlässigkeit der dabei zugrunde gelegten Funktion noch keine nähere Aussage gemacht wird. Wenn man allerdings mit einer einfacheren mathematischen Behandlung des Beobachtungsmaterials auskommt, kann man sich damit begnügen. Beim Steinbutt, ebenso wie bei der Scholle, reicht die einfache Relation $F = K_g \cdot G$ vollständig aus, um die Abhängigkeit der Eizahl vom Gewicht an Hand der vorhandenen wenigen Wertepaare darzustellen, wobei die Größe K_g noch den Vorteil mit sich bringt, als Vergleichswert für die Fruchtbarkeit der verschiedenen Bestände zu dienen, wie die folgende Gegenüberstellung der erhaltenen Beziehungen zeigt:

Tabelle 14

Steinbutt, Regressionsgleichungen für die Beziehungen zwischen Eizahl, Gewicht und Länge

Gebiet	Anzahl	$K_g \cdot G$	$f(G)$	$f(L)$
südöstliche Nordsee	5	845 · G	797 · G + 127000	109880 (L —29,7)
Kieler Bucht	7	983 · G	650 · G + 751000	96240 (L —22,6)
Arkona-Bornholm	10	834 · G	1640 · G — 828000	106120 (L —29,4)
Danziger Bucht	2	1180 · G	937 · G + 80000	
nördl. Nordsee (T. W. FULTON)	4	1049 · G	664 · G + 402200	

Nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen ist die Fruchtbarkeit des Steinbutts in Nord- und Ostsee nicht sehr unterschiedlich. Wir finden Andeutungen dafür, daß sie, wenigstens bei gleicher Größe, in der Kieler Bucht etwas höher ist als in der südöstlichen Nordsee und ostseeeinwärts zunächst ebenfalls wieder abnimmt. Die größeren Exemplare von der schottischen Küste haben nach FULTON eine verhältnismäßig hohe Eizahl, ebenso wie die 2 kleinen Exemplare aus der Danziger Bucht. Man wird erst Klarheit über die bei dieser Plattfischart waltenden Gesetzmäßigkeiten erlangen, wenn ein umfangreicheres Zahlenmaterial aus den verschiedenen Gebieten vorliegt.

8. Zusammenfassende Betrachtung der Fruchtbarkeit der Plattfischarten im Nordsee-Ostsee-Raum

Zum Abschluß dieser Darlegungen seien die Ergebnisse an den 4 untersuchten Plattfischarten einander gegenübergestellt, um die aufgezeigten Abhängigkeiten und Gesetzmäßigkeiten deutlich werden zu lassen. Die Fruchtbarkeit und ihre Steigerung bei Zunahme des Gewichts bzw. der Länge für jede Art in den wichtigsten Untersuchungsgebieten Nordsee, Kattegat, Kieler Bucht und Arkona—Bornholm-Gebiet wird durch die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Werte gekennzeichnet:

Tabelle 15
Die Fruchtbarkeit der Plattfische in Nordsee und Ostsee

a) Eizahl bei 35 cm Länge, berechnet als Funktion der Länge

Gebiet	Scholle $F = f(L^3)$	Flunder $F = f(L^3)$	Kliesche $F = f(L^3)$	Steinbutt $F = f(L)$
Nordsee	64000	920000	420000*	570000
Kattegat		1190000	735000*	
Kieler Bucht	308000	1120000	765000	1200000*
Arkona-Bornholm	250000	1310000	675000	600000

b) Zunahme der Eizahl bei Zunahme der Länge um 1 cm, $F = f(L)$

Gebiet	Scholle	Flunder	Kliesche	Steinbutt
Nordsee	ca. 6000	85100	25800	109900
Kattegat		136100	44900	
Kieler Bucht	40100	253900	60000	96200
Arkona-Bornholm	22800	106900	47800	106100

c) Eizahl bei einem Gewicht von 500 g (Steinbutt 1000 g)
berechnet als Funktion des Gewichts

Gebiet	Scholle $F = K_g \cdot G$	Flunder $F = f(G)$	Kliesche $F = f(G)$	Steinbutt $F = K_g \cdot G$
Nordsee	71000	920000	620000*	846000*
Kattegat		1010000	785000*	
Kieler Bucht	278000	960000	715000	983000*
Arkona-Bornholm	250000	1180000	620000	834000

d) Zunahme der Eizahl bei Zunahme des Gewichts um 10 g

Gebiet	Scholle	Flunder	Kliesche	Steinbutt
Nordsee	1430	21500	13600	8460
Kattegat		23400	17500	
Kieler Bucht	5560	40300	15500	9830
Arkona-Bornholm	5000	25400	14600	8340

*) extrapoliert.

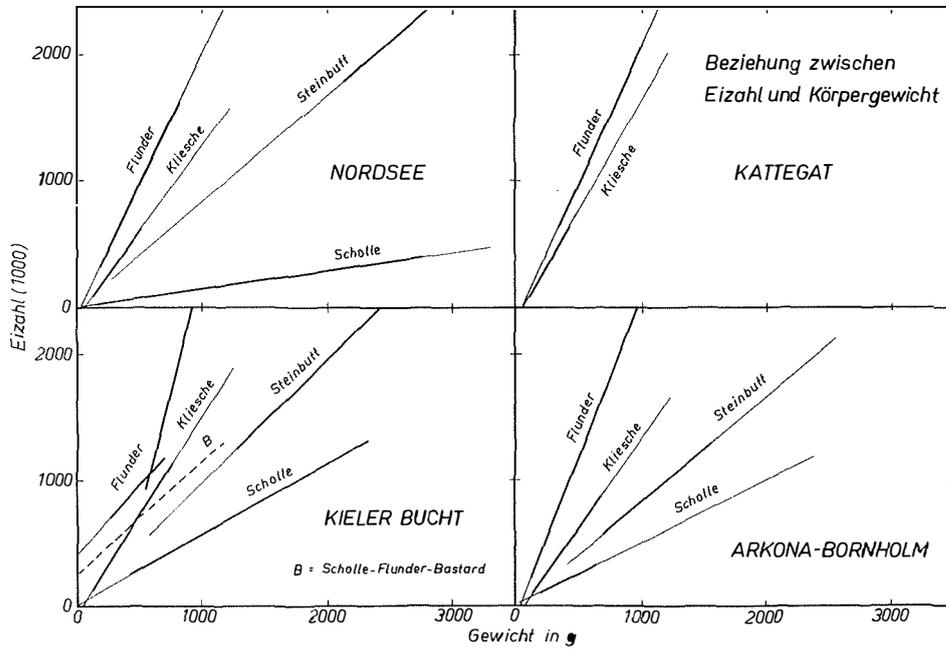
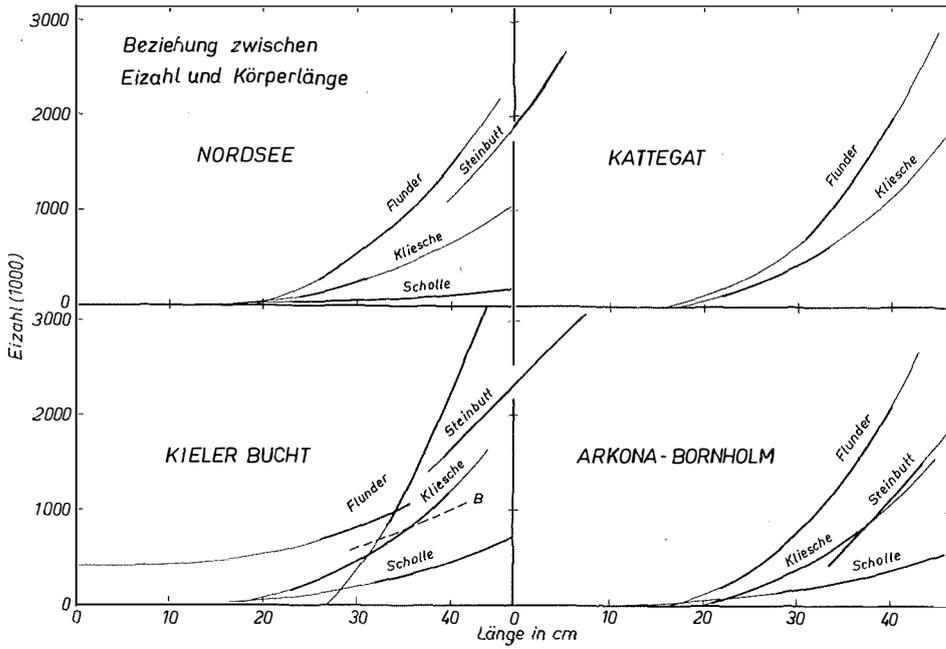
Die 4 Plattfischarten ordnen sich nach der Höhe ihrer Fruchtbarkeit in Nordsee, Kattegat und Ostsee (Tafel 11) stets in folgender progressiver Reihe an:

als Funktion der Länge: Scholle — Kliesche — Steinbutt — Flunder,

als Funktion des Gewichts: Scholle — Steinbutt — Kliesche — Flunder.

Legende zu nebenstehender Tafel 11

Beziehungen zwischen Eizahl, Körpergewicht und Körperlänge bei Scholle, Flunder, Kliesche und Steinbutt in Nordsee, Kattegat und Ostsee (Kieler Bucht und Arkona-Bornholm). Beobachtungsbereiche durch Verstärkung der Regressionslinien gekennzeichnet.



Tafel 11

Diese Reihenfolge gilt auch für die Zunahme der Fruchtbarkeit bei Zunahme der Länge bzw. des Gewichts, von einigen Abweichungen in beiden Fällen abgesehen. Die Scholle hat die niedrigste, die Flunder die höchste Eiproduktion, Kliesche und Steinbutt nehmen eine Mittelstellung ein. Daß der Steinbutt bei Betrachtung der Eizahl als Funktion des Gewichts seine Stellung wechselt und zwischen Scholle und Kliesche steht, ist eine Folge seines hohen Längen-Gewichts-Index (rd. 2).

Um die Veränderung der Fruchtbarkeit von der Nordsee zur Ostsee und die Unterschiede in der Fruchtbarkeit zwischen den verschiedenen Meeresgebieten deutlich zu machen, sind aus Tabelle 15c Relativwerte der Eizahlen für ein Exemplar von 500 g Gewicht berechnet worden, indem einmal für jede Art der Nordseewert = 100, zum andern für jedes Teilgebiet der Schollenwert = 100 gesetzt worden ist. Für die Kattgat-Scholle wurde nach den von V. FRANZ (1910) ausgeführten Zählungen eine Eizahl von 150000 geschätzt, die aber wegen der inzwischen eingetretenen Wachstumssteigerung zu gering sein dürfte; eine Nachprüfung wäre deshalb sehr erwünscht.

Tabelle 16
Relativwerte der Fruchtbarkeit bei einem Körpergewicht von 500 g

Gebiet	Nordsee-Werte = 100				Scholle = 100			
	Scholle	Steinbutt	Kliesche	Flunder	Scholle	Steinbutt	Kliesche	Flunder
Nordsee	100	100	100	100	100	590	873	1300
Kattgat	(210)		127	110	(100)		523	674
Kieler Bucht	390	115	115	104	100	177	254	345
Arkona-Bornholm	350	97	100	128	100	167	248	472

Die Steigerung der Eiproduktion mit Zunahme der Länge für die verschiedenen Gebiete sei ebenfalls durch Relativwerte gekennzeichnet, die sich aus Tabelle 15b ergeben, wenn man den Steigerungsbetrag für 1 cm Längenzunahme bei jeder Art in der Nordsee = 100 setzt:

Gebiet	Scholle	Flunder	Kliesche	Steinbutt
Nordsee	100	100	100	100
Kattgat		160	174	
Kieler Bucht	670	297	233	88
Arkona-Bornholm	380	126	185	97

Die relativen Steigerungsbeträge in Kattgat und Ostsee weichen z.T. recht erheblich von den Relativwerten der Fruchtbarkeit bei gegebener Größe (Gewicht) ab, was in erster Linie durch die verschieden große Steigung der Regressionsgeraden für $F=f(L)$ bedingt ist. Der optimale Steigerungseffekt der Länge auf die Fruchtbarkeit von Scholle, Flunder und Kliesche in der Kieler Bucht wird hierbei besonders deutlich. Beim Steinbutt vermissen wir ihn.

Die Übereinstimmung der Untersuchungsergebnisse bei Scholle, Flunder, Kliesche und Steinbutt berechtigen uns zu der Schlußfolgerung, daß die hohe Fruchtbarkeit eine besondere charakteristische Eigenschaft der Ostseeplatfische ist, wodurch sie sich von ihren Artgenossen in der Nordsee erheblich unterscheiden. Wir dürfen annehmen, daß es sich hierbei um ein bis zu einem gewissen Grad (mit einer gewissen Schwankungsbreite) erheblich fixiertes Rassenmerkmal handelt, das die Arten befähigt, auch unter den erschwerten Fortpflanzungsverhältnissen in der Ostsee ihren Bestand aufrechtzuerhalten. Günstige Ernährungsverhältnisse können wohl modifizierend eingreifen, aber nur bis zu einer oberen Grenze der für jede Population spezifischen potentiellen Fruchtbarkeit.

Literaturverzeichnis

EHRENBAUM, E., 1936: Naturgeschichte und wirtschaftliche Bedeutung der Seefische Nordeuropas. Handbuch der Seefischerei Nordeuropas, Band 2. — FRANZ, V., 1910a: Die Eiproduktion der Scholle (*Pleuronectes platessa* L.) 1910b: Zur Eiproduktion der Scholle (*Pleuronectes platessa* L.) Nachträge. Wiss. Meeresunters. Abt. Helgoland, Band 9. — FULTON, T. W., 1891: The comparative fecundity of sea fishes. Fish. Board Scotland, 9th Ann. Rep., Part 3. — HENSEN, V., 1882: Über das Vorkommen und die Menge der Eier einiger Ostseefische, insbesondere derjenigen der Scholle (*Platessa platessa*), der Flunder (*Platessa vulgaris*) und des Dorsches (*Gadus morrhua*). 4. Bericht d. Komm. z. wiss. Untersuchung der deutschen Meere in Kiel für die Jahre 1877—1881, 7.—9. Jahrgang. — HENSEN, V., 1887: Über die Bestimmung des Planktons oder des im Meere treibenden Materials an Pflanzen und Thieren. Ibidem, 5. Bericht für die Jahre 1882—1886. — KÄNDLER, R., 1935: Über das Vorkommen von Bastarden zwischen Scholle (*Pleuronectes platessa* L.) und Flunder (*Pleuronectes flesus* L.) in der Ostsee. Rapp. et Proc.-Verb. Cons. Internat. Explor. Mer, Vol. 94, Part III, 3. — KÄNDLER, R., 1952: 20 Jahre Schollenschonzeit in der Ostsee. Fischereiwelt, Heft 3. — KÄNDLER, R., 1956: Response of the plaice to environmental factors. United Nations, Papers presented at the Internat. Techn. Conference on the Conservation of the living resources of the sea, Rome 1955 (p. 102). — LUNDBECK, J., 1952: Biologisch-statistische Untersuchungen über die deutsche Hochseefischerei. III. Das Körpergewicht und das Längen-Gewichtsverhältnis bei den Nutzfischen. Berichte Dtsch. Wiss. Komm. f. Meeresf., N. F., Bd. 12, Heft 3. — MÖBIUS, K. u. HEINCKE, F., 1883: Die Fische der Ostsee. Berlin. — PIROWITZ, W., 1954: Über die Fruchtbarkeit und das Wachstum der Plattfische im Nordsee-Ostsee-Raum. Dissertation Kiel. — REIBISCH, J., 1899: Über die Eizahl bei *Pleuronectes platessa* und die Altersbestimmung dieser Form aus den Otolithen. Wiss. Meeresunters., Abt. Kiel, Bd. 4. — SIMPSON, A. C., 1951: The fecundity of the plaice. Fish. Investigations, Ser. II, Vol. 17, No. 5.