

Ein Ansatz zur Verbesserung von hydroakustischen Biomasseschätzungen bei gleichzeitigem Auftreten von mehreren Zielklassen

DIPLOM-MATH. R. OEBERST
 INSTITUT FÜR HOCHSEEFISCHEREI UND FISCHVERARBEITUNG ROSTOCK

Im Institut für Hochseefischerei und Fischverarbeitung wird seit vielen Jahren die Methode der hydroakustischen Bestandsbestimmung genutzt. Für die Frühjahrsreisen in der Ostsee der Jahre 1982 bis 1984 wurde eine Datenanalyse vorgenommen. Aufbauend auf diese Ergebnisse wurde ein Ansatz entwickelt, der den Bedingungen der Reisen besser entspricht. Es werden die Folgerungen aus diesem Ansatz diskutiert, der Schätzalgorithmus beschrieben und Probleme der Versuchsplanung erläutert. Weiterhin wird eine Formel angegeben, die den Zusammenhang zwischen der Mittelwertbildung aufeinanderfolgender Meßwerte und der Autokorrelation dieser Werte bzgl. der Stichprobenvarianz darstellt.

1. Einleitung

In den letzten Jahren wurden international verstärkt Anstrengungen unternommen, um die Genauigkeit der hydroakustischen Biomasseschätzung anzugeben. Weiterhin wurden die Probleme, die bei der Planung von Reisekursen auftreten, diskutiert.

Sehr intensiv geschah das auf dem Symposium des ICES 1982 in Bergen. Aber auch in den folgenden Jahren wurden viele Beiträge zu dieser Thematik veröffentlicht. SHOTTON und BAZIGOS [8] stellten mehrere Ansätze zur Bestimmung der mittleren Integratorwerte zusammen. Leider wurde dem Anwender keine Wichtung der angegebenen Verfahren angeboten. Vorobyow [10] verglich die Kursformen Meander (\square -M) und Zick-Zack (\wedge -S) bezüglich ihrer Überdeckungsrate unter der Voraussetzung, daß die Fischdichteverteilung einem stationären Poisson-Prozess unterliegt. Bei Einhaltung dieser Forderung empfiehlt der Autor den Zick-Zack-Kurs. GERLOTTO und STEQUERT [3] sowie KIZNER et al. [5] schlugen vor, mit Hilfe von Rechnersimulationen, denen beobachtete Daten zugrunde liegen, Aussagen zur Schätzgenauigkeit und zur Kurswahl zu erarbeiten. ALGEN [1] setzte den Variationskoeffizienten der Integratorwerte in Beziehung zum Quotienten N/\sqrt{A} , mit A - Fläche des Untersuchungsgebietes N - Anzahl der Meßwerte.

Er empfiehlt ein optimales Verhältnis für N/\sqrt{A} von $3/4$. MAC LENNAN und MAC KENZIE [6] untersuchten, angeregt von Algen, ebenfalls das Problem des Verhältnisses zwischen N und A sowie die Verteilungsfunktion der Integratorwerte.

Von mehreren Autoren wurde das mögliche Auftreten von Autokorrelationen untersucht und diskutiert. Ein Aspekt, von Mac Lennan und Mac Kenzie erwähnt, sollte noch einmal hervorgehoben werden, da er als ein geeigneter Ansatzpunkt für die Problematik der Genauigkeitsschätzung und Kursplanung angesehen werden kann.

Jedes Untersuchungsgebiet hat eine Vielzahl von Besonderheiten, seien es Artengemische, seien es verschiedene Konzentrationsformen der Zielklassen oder die Größe von dichten Konzentrationen. Aus diesem Grunde wird es nicht möglich sein, die Ergebnisse und Methoden eines Gebietes ohne kritische Beurteilung in ein anderes Gebiet zu übertragen.

Aus diesem Ansatz heraus ist für die im Institut für Hochseefischerei und Fischverarbeitung in den Jahren 1982-1984 durchgeführten Frühjahrsreisen in der Ostsee in OEBERST [7] eine Datenanalyse dargestellt worden. Dabei traten Probleme bei der Genauigkeitseinschätzung der Biomasse, auf Grund des Auftretens von drei Fischarten, auf.

Für dieses spezielle Problem der Frühjahrsreisen in der Ostsee wird im folgenden ein Lösungsansatz vorgestellt.

2. Ein Ansatz zur Bestimmung der Schätzgenauigkeit

2.1. Ausgangspunkt der bisherigen Rechnung

Ausgangspunkt für die Hydroakustik bildet die Formel

$$C * M(j) = \sigma_{\langle bs \rangle}(j) * \varphi_A(j) = sm(j) * \varphi_B(j) = \sum_{i=1}^m \varphi_B(i,j) * sm(i,j) \quad (1)$$

mit

- C - Systemkonstante
- $M(j)$ - Integratorwert der j -ten Einheitsstrecke
- $\varphi_A(j)$ - Fischflächendichte in Stück/ m^2
- $\sigma_{\langle bs \rangle}(j)$ - Zielmaß der Einzelfische m^2 /Stück
- $\varphi_B(j)$ - Fischflächendichte in kg/m^2
- $sm(j)$ - Massenstreuwert in m^2/kg

Dabei sind die Größen $\varphi_B(i,j)$ und $sm(i,j)$ Zufallsgrößen, mit deren Hilfe die Biomassen der einzelnen Zielklassen im Untersuchungsgebiet zu schätzen sind. Treten mehrere Fischarten auf, so ist ein Ansatz zugrunde zu legen, der den Beziehungen zwischen den Zielklassen entspricht.

International wird der Ansatz I genutzt.

$$\varphi_B(i,j) = a(i) * \varphi_B(j) + \varepsilon(i,j) \quad (2)$$

$$\text{mit } \varepsilon(i,j) \in N(0, \sigma_i^2)$$

Das bedeutet, daß mit steigender Gesamtfischdichte die Dichte der einzelnen Fischarten proportional steigt und der Korrelationskoeffizient

$$r(\varphi_B(i,j), \varphi_B(j)) > 0 \quad (2a)$$

ist.

In Abbildung 1 ist dieser Ansatz I dargestellt.

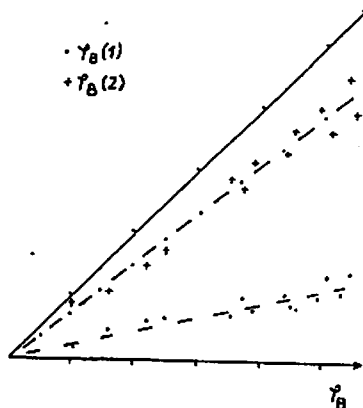


Abb. 1

Schematische Darstellung des Ansatzes für die Fischdichten zweier Zielklassen im Untersuchungsgebiet

Die Resultate der Untersuchungen für die Jahre 1982 bis 1984 zeigen aber ein völlig anderes Bild. Weiterhin sei auf das Ergebnis der Dauerstation des Jahres 1983 hingewiesen.

2.2. Darstellung eines neuen Ansatzes

Aufbauend auf die Analyse der Jahre 1982–1984 wird für die Frühjahrsreisen der Ostsee der folgende Ansatz II vorgeschlagen.

$$\begin{aligned} \varphi_B(H, j) &= \varphi_B(H) + \varepsilon(H, j) \\ \varphi_B(D, j) &= \varphi_B(D) + \varepsilon(D, j) \\ \varphi_B(S, j) &= \varphi_B(j) - \varphi_B(H, j) - \varphi_B(D, j) \end{aligned} \quad (3)$$

mit $\varepsilon(H, j) \in NV(0, \sigma_H^2)$ und $\varepsilon(D, j) \in NV(0, \sigma_D^2)$.

Weiterhin gilt

$$r(\varphi_B(H, j), \varphi_B(j)) = 0 = r(\varphi_B(D, j), \varphi_B(j)) \quad (3a)$$

Mit H, D und S sind die Fischarten Hering, Dorsch und Sprott bezeichnet. In der Abbildung 2 ist der schematische Verlauf des Ansatzes II dargestellt.

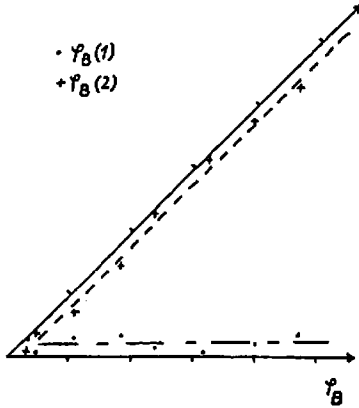


Abb. 2

Schematische Darstellung des Ansatzes für die Fischdichten zweier Zielklassen im Untersuchungsgebiet

Dieser Ansatz II kann wie folgt interpretiert werden. Im gesamten Untersuchungsgebiet schwanken die Fischdichten der Arten Hering und Dorsch zufällig um einen festen Mittelwert. Steigt die Fischdichte über eine bestimmte Schranke, so ändert sich nur die Dichte des Sprottes. Unterhalb dieser Grenze ist es möglich, daß z. B. 100% Sprott und 100% Hering nebeneinander vorkommen.

2.3. Folgerungen aus dem Ansatz II

Für die Umwandlung der Echointegratorwerte ist es notwendig, durch Kontrollfänge Daten zu gewinnen, die eine Berechnung der Biomasse erlauben. Eine Hauptforderung für diese Fänge ist, unabhängig vom gewählten Ansatz, daß gilt

$$\varphi_B(i, 1) / \varphi_B(1) = F(i, 1) / F(1) \quad (4)$$

mit $F(i, 1)$, $F(1)$ Fänge des i -ten Kontrollfanges.

Aus dem Ansatz II und der Formel (4) folgt

$$\begin{aligned} F(H, 1) &= F(H) + \delta(H, 1) \\ F(D, 1) &= F(D) + \delta(D, 1) \\ F(S, 1) &= F(1) - F(H, 1) - F(D, 1) \end{aligned} \quad (5)$$

mit $\delta(H, 1)$ und $\delta(D, 1)$ sind normalverteilt mit dem Erwartungswert Null.

Setzt man nun weiter voraus, daß gilt

$$sm(i, j) = sm(i) + \xi(i, j) \quad (6)$$

für alle Zielklassen und die $\xi(i, j)$ seien auch normalverteilt mit dem Erwartungswert Null, so folgt wegen

$$\begin{aligned} M(i, 1) &= M(i) * \frac{sm(i, 1) * \varphi_B(i, 1)}{sm(i) * \varphi_B(1)} \\ &= M(i) * \frac{sm(i, 1) * F(i, 1)}{sm(i) * F(1)} \end{aligned} \quad (7)$$

für die Integralanteile

$$\begin{aligned} M(H, 1) &= M(H) + \sigma(H, 1) \\ M(D, 1) &= M(D) + \sigma(D, 1) \\ M(S, 1) &= M(1) - M(H, 1) - M(D, 1) \end{aligned} \quad (8)$$

Der Ansatz II für die Fischflächendichte setzt sich also in den Fängen und in den Integratoranteilen fort.

Anhand der Daten der Jahre 1982–1984 und 1986 zeigt sich, daß der Ansatz II den Bedingungen der Frühjahrsreisen in der Ostsee entspricht. In den Abbildungen 3a–3g sind die Integratoranteile der Kontrollfänge für diese Jahre und die ICES-Gebiete 25 und 26 dargestellt. Die entsprechenden Resultate könnten auch für die Fangergebnisse nachgewiesen werden.

Die Daten zeigen, daß der Ansatz II in den meisten Fällen für das gesamte ICES-Gebiet gültig ist. Wie im Jahre 1984 im ICES-Gebiet 25 ist es aber auch möglich, daß ab bestimmten Grenzen sich die dichtebestimmende Zielklasse ändert (z. B. von Sprott im Tiefenwasser zum Hering im Flachwasser).

Durch diese großen Gebiete ist es möglich, eine größere Anzahl von Kontrollfängen in einem Gebiet durchzuführen.

Bei der Analyse des Datenmaterials zeigte sich, daß auch die Forderung für die Massenstreuwerte $sm(i, j)$ in der Praxis erfüllt ist.

3. Schätzalgorithmus für den Ansatz II

Im folgenden soll das Schätzverfahren für den Ansatz II dargestellt werden.

Anhand der Kontrollfänge ist in einem Gebiet festzulegen, welcher der beiden Ansätze zu nutzen ist.

Im nächsten Schritt werden für das gewählte Untergebiet die Erwartungswerte (E) und Varianzen (V) der Zufallsgrößen $M(j)$, $M(H, 1)$, $M(D, 1)$, $sm(H, 1)$, $sm(D, 1)$, $sm(S, 1)$ und die Korrelationskoeffizienten $r(M(H, 1), M(1))$ und $r(M(D, 1), M(1))$ kontrolliert.

Für die Biomasse ergibt sich dann

$$\begin{aligned} E(B(H)) &= \text{konst} * E(M(H, 1) / sm(H, 1)) \\ E(B(D)) &= \text{konst} * E(M(D, 1) / sm(D, 1)) \end{aligned} \quad (9)$$

$$E(B(S)) = \frac{E(M(j)) - E(M(H, 1)) - E(M(D, 1))}{E(sm(S, 1))}$$

mit $\text{konst} = A/C \times 3,43 \cdot 10^6$.

Für die Varianzen der Biomassen folgt

$$\begin{aligned} V(B(H)) &= \text{konst}^2 * V(M(H, 1) / sm(H, 1)) \\ V(B(D)) &= \text{konst}^2 * V(M(D, 1) / sm(D, 1)) \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} V(B(S)) &= \text{konst}^2 * \left\{ \frac{1}{E^2(sm(S, 1))} [V(M(j)) + V(M(H, 1)) + V(M(D, 1))] \right. \\ &\quad \left. + \frac{V(sm(S, 1))}{E^4(sm(S, 1))} [E^2(M(j)) + E^2(M(H, 1)) + E^2(M(D, 1))] \right\} \end{aligned}$$

Diese Werte können dann zum Vergleich von verschiedenen Aufnahmen genutzt werden.

In der Tabelle 1 wurden die Biomassen und deren Varianzen für das Jahr 1986 und das ICES-Gebiet 25 auf der Basis einer Schichtung nach Tiefenlinien in Verbindung mit dem Ansatz II durchgerechnet.

4. Probenentnahmestrategie

Da aufbauend auf das Verhalten der Integratoranteile der Zielklassen in den Kontrollfängen zu entscheiden ist, welcher Ansatz genutzt werden muß, ist es notwendig, die Fänge im gesamten Untersuchungsgebiet und über das gesamte Dichtespektrum zu verteilen. Aufgrund des Datenmaterials sind möglichst große Gebiete zu wählen, für die der Ansatz gilt. Damit kann eine größere Probenanzahl gewährleistet werden.

Die Verteilung der Meßkurse im Untersuchungsgebiet muß unter Berücksichtigung der genutzten Schätzstrategie erfolgen, d. h., es muß eine Stichprobe entnommen werden, die die Forderung erfüllt, daß jeder Punkt im Untersu-

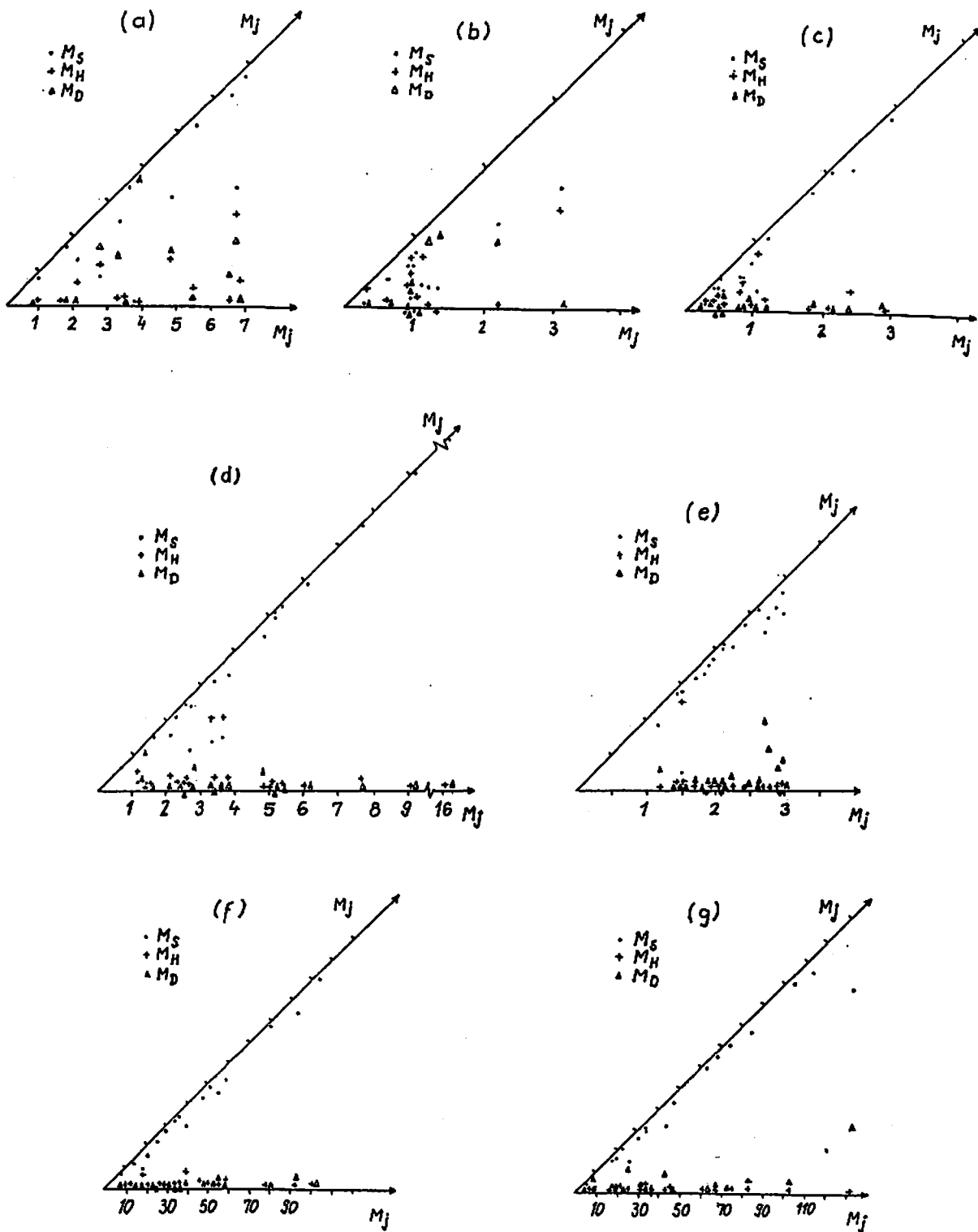
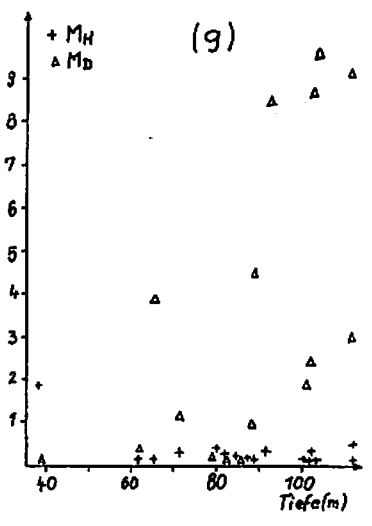
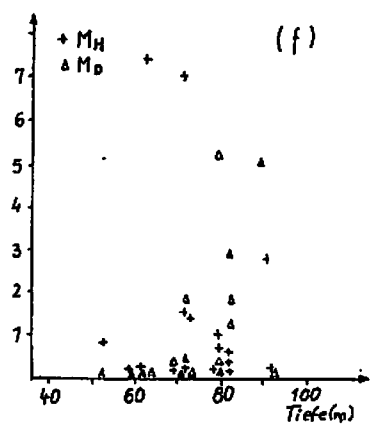
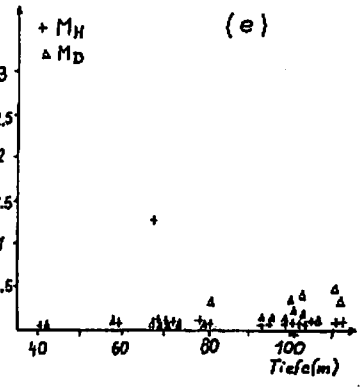
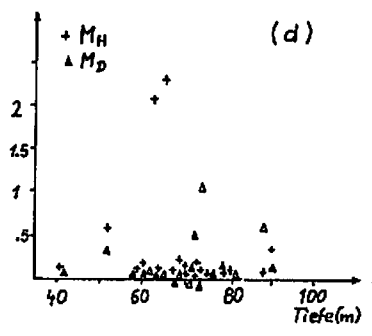
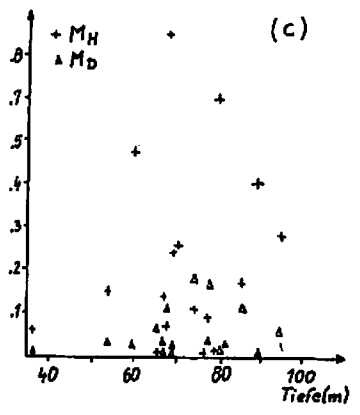
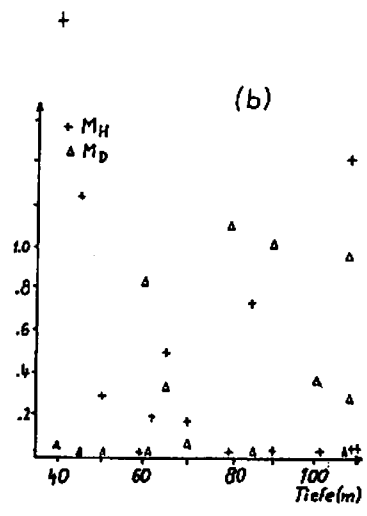
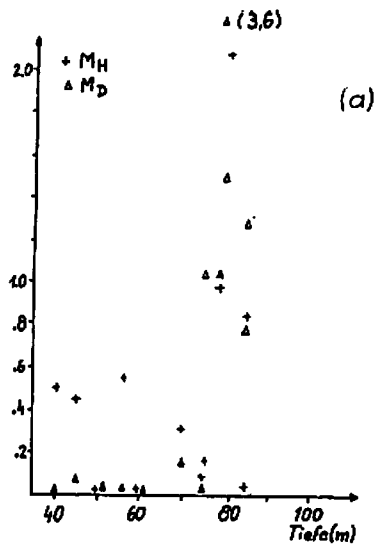


Abb. 3a-3g

Verlauf der Integralanteile der Fischarten Sprott, Hering und Dorsch für die Kontrollfänge der Jahre 1982-1984 und 1986 für die ICES-Gebiete 25 und 26

a-1982/25, b-1982/26, c-1983/25, d-1984/25, e-1984/26, f-1986/25, g-1986/26



bb. 4a-4g
 Beziehungen zwischen den Wassertiefen und den Integral-
 stellen während der Kontrollfänge
 - 1982/25, b - 1982/26, c - 1983/25, d - 1984/25, e - 1984/26,
 - 1986/25, g - 1986/26

Tabelle 1

Zusammenfassung der Biomasseschätzung entsprechend des Ansatzes

1986 ICES 25	Bornholm-Becken	40-70/Tiefe 80 m
	70-80 m	
E(M(I))	61,93	17,09
V(M(I))	4631,45	166,04
E(M(H))	1,20	2,59
E(M(D))	1,72	0,16
E(M(S1))	1,22	1,50
V(M(H))	1,24	15,39
V(M(D))	2,59	0,03
V(M(S1))	5,32	6,57
E(sm'(H))	0,44	0,55
E(sm'(D))	1,38	1,38
E(sm'(S1))	2,09	2,20
E(sm'(S2))	1,18	1,18
V(sm'(H))	0,0027	0,0571
V(sm'(D))	0	0
V(sm'(S1))	0,0061	0,0015
V(sm'(S2))	0,0003	0,0015
E(B(H)) (in t)	2374	8197
E(B(D)) (in t)	1991	202
E(B(S1)) (in t)	508	1187
E(B(S2)) (in t)	42620	18942
V(B(H)) (in t ²)	4,93 · 10 ²	1,67 · 10 ⁸
V(B(D)) (in t ²)	1,03 · 10 ⁰	4,77 · 10 ¹
V(B(S1)) (in t ²)	9,23 · 10 ³	4,11 · 10 ⁰
V(B(S2)) (in t ²)	2,53 · 10 ³	9,33 · 10 ⁰
A (in SM ²)	1527	3054

sm' = sm · 10⁻³

chungsgebiet die gleiche Wahrscheinlichkeit hat, als Probe genutzt zu werden. Daraus folgt, daß Gebiete mit unterschiedlichen Kursdichten getrennt behandelt werden müssen. Anschaulich ausgedrückt heißt das, daß gefordert wird

$$\text{Max}(R_{G1} - R_{M1}) \rightarrow \text{Min}$$

mit R_{G1} - geographische Repräsentationsfläche einer Integrationsstrecke, basierend auf dem Mittellinienprinzip zwischen den einzelnen Integrationsstrecken

$R_{M1} = A/N$ - A: Fläche des Untersuchungsgebietes
N: Anzahl der Integrationswerte.

5. Möglichkeiten der Schätzverbesserung durch Schichtung

Die Prinzipien und Vorteile einer Schichtung von Gebieten in homogene Teile ist ausführlich in COCHRAN (1972) beschrieben.

Da im Ansatz II davon ausgegangen wird, daß für große Gebiete die Beziehungen zwischen den Zielklassen konstant sind, können die Integratorwerte als Schichtungskriterium genutzt werden.

Im Untersuchungsgebiet konnten die folgenden Beziehungen nachgewiesen werden:

- a) Zusammenhang zwischen der Wassertiefe und der Fischflächendichte, dargestellt in den Tabellen 2a-2g
- b) Zusammenhang zwischen der Wassertiefe und den Echointegralen pro sm für die einzelnen Zielklassen, dargestellt in den Abbildungen 4a-4g.

Tabelle 2a
Häufigkeitsverteilung der Integratorwerte M_j nach der Tiefe für das Jahr 1982 / ICES 25

M_j	<40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
-20			1	1	3	5	
-15		5	7	8	5	3	
-10	1	1	3	4	3		
-9		3	6	7	1	2	
-8		1	7	7		3	
-7		2	1	10	7	1	
-6	1	1	4	5	10	3	
-5	2	5	4	13	18	6	
-4	7	12	14	15	13	4	
-3	7	10	14	28	8	5	
-2	21	18	22	20	10		24
0-1	37	22	10	7	4		
Tiefe	<40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
Anzahl der Werte	75	71	79	122	97	29	14
mittlere Echoleist.	1,49	2,09	3,37	3,48	5,21	5,79	12,3
A_j		971	1363	1179	1429	737	428

A_j - Flächen der Tiefenbereiche in sm²

Tabelle 2b

Häufigkeitsverteilung der Integratorwerte M_j nach der Tiefe für das Jahr 1982 / ICES 26

M_j	<40	-50	-60	-70	-80	-90	-100	>100
-10	1							
-9					2	2	1	1
-8				1	1	4	1	3
-7	2	2	1	1	2	2	1	1
-6	3	2	3		1	2	5	7
-5	3	3	4	2	3	14	13	9
-4	11	9	3	5	5	23	9	25
-3	12	15	14	15	11	21	21	25
-2	17	22	26	23	40	18	20	56
0-1	33	17	19	22	12		2	15
Tiefe	<40	-50	-60	-70	-80	-90	-100	>100
Anzahl der Werte	82	69	70	68	81	86	81	141
mittlere Echoleist.	1,97	2,18	2,17	1,70	1,85	2,95	2,99	2,49
A_j		777	864	915	1031	1020	1065	2060

Tabelle 2c

Häufigkeitsverteilung der Integratorwerte M_j nach der Tiefe für das Jahr 1983 / ICES 25

M_j	<40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
-5,5					1		
-5,0					2	1	
-4,5					1		
-4,0					1		
-3,5					1	2	
-3,0					1		
-2,5	1				1		
-2,0	2	2			3	1	
-1,5	3	3	10	5	6	2	
-1,0	1	4	8	15	6	2	2
-0,5	4	18	35	31	34	12	12
0-0,5	25	65	59	70	35	19	21
Tiefe	<40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
Anzahl der Werte	36	92	112	128	83	37	25
mittlere Echoleist.	0,64	0,54	0,57	0,75	0,84	0,73	0,64

Tabelle 2d

Häufigkeitsverteilung der Integratorwerte M_j nach der Tiefe für das Jahr 1984 / ICES 25

M_j	<40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
-20			1	2	1		
-15			1	3	4		
-10		1	1	1	1	2	
-9				1	4	1	
-8				2	2	1	
-7				1	7		
-6		1	1	3	6	8	4
-5				6	14	12	5
-4	1	1	6	14	20	20	4
-3	3	12	24	36	29	17	24
-2	36	94	71	33	14	1	
0-1	13						
Tiefe	<40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
Anzahl der Werte	59	112	132	127	102	35	24
mittlere Echoleist.	1,35	2,08	1,98	2,69	3,42	3,58	2,63

Tabelle 2e

Häufigkeitsverteilung der Integratorwerte M_j nach der Tiefe für das Jahr 1984 / ICES 26

M_j	<40	-50	-60	-70	-80	-90	-100	>100
-5					1	1	5	1
-4					1	9	4	27
-3	1	9	15	31	56	74	117	3
-2	27	44	49	34	7	2	3	
0-1	17							
Tiefe	<40	-50	-60	-70	-80	-90	-100	>100
Anzahl der Werte	45	55	66	72	73	82	148	76
mittlere Echoleist.	1,14	1,68	1,60	2,17	2,49	2,58	2,75	3,77

Tabelle 1

Zusammenfassung der Biomasseschätzung entsprechend des Ansatzes

1986 ICES 25	Bornholm-Becken	40-70/tiefer 90 m
	70-90 m	
E(M(H))	61,93	17,09
V(M(H))	4631,45	166,94
E(M(D))	1,20	2,59
E(M(S1))	1,73	0,16
E(M(S2))	1,22	1,50
V(M(H))	1,24	15,39
V(M(D))	2,59	0,03
V(M(S1))	5,32	6,67
E(sm'(H))	0,44	0,55
E(sm'(D))	1,38	1,38
E(sm'(S1))	2,09	2,20
E(sm'(S2))	1,18	1,18
V(sm'(H))	0,0027	0,0571
V(sm'(D))	0	0
V(sm'(S1))	0,0061	0,0015
V(sm'(S2))	0,0003	0,0015
E(B(H)) (ln t)	2374	8197
E(B(D)) (ln t)	1091	202
E(B(S1)) (ln t)	508	1187
E(B(S2)) (ln t)	42620	18942
V(B(H)) (ln t ²)	4,93 · 10 ³	1,67 · 10 ³
V(B(D)) (ln t ²)	1,03 · 10 ³	4,77 · 10 ¹
V(B(S1)) (ln t ²)	9,23 · 10 ³	4,11 · 10 ²
V(B(S2)) (ln t ²)	2,53 · 10 ³	9,33 · 10 ²
A (ln SM ²)	1527	3054

sm' = sm · 10⁻³

chungsgebiet die gleiche Wahrscheinlichkeit hat, als Probe genutzt zu werden. Daraus folgt, daß Gebiete mit unterschiedlichen Kurzdichten getrennt behandelt werden müssen. Anschaulich ausgedrückt heißt das, daß gefordert wird

$$\text{Max}(R_{G1} - R_{M1}) \rightarrow \text{Min}$$

mit
 R_{G1} - geographische Repräsentationsfläche einer Integrationsstrecke, basierend auf dem Mittellinienprinzip zwischen den einzelnen Integrationsstrecken
 $R_{M1} = A/N$ - A: Fläche des Untersuchungsgebietes
 N: Anzahl der Integrationswerte.

5. Möglichkeiten der Schätzverbesserung durch Schichtung
 Die Prinzipien und Vorteile einer Schichtung von Gebieten in homogene Teile ist ausführlich in COCHRAN (1972) beschrieben.

Da im Ansatz II davon ausgegangen wird, daß für große Gebiete die Beziehungen zwischen den Zielklassen konstant sind, können die Integratorwerte als Schichtungskriterium genutzt werden.

Im Untersuchungsgebiet konnten die folgenden Beziehungen nachgewiesen werden:

- a) Zusammenhang zwischen der Wassertiefe und der Fischflächendichte, dargestellt in den Tabellen 2a-2g
- b) Zusammenhang zwischen der Wassertiefe und den Echointegralen pro sm für die einzelnen Zielklassen, dargestellt in den Abbildungen 4a-4g.

Tabelle 2a
 Häufigkeitsverteilung der Integratorwerte M_j nach der Tiefe für das Jahr 1982 / ICES 25

M_j	<40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
-20			1	1	3	5	
-15		5	7	8	6	3	
-10	1	1	3	4	3		
-9		3	6	7	1	2	
-8		1	7	7	3	3	
-7		2	1	10	7	1	
-6	1	1	4	5	10	3	
-5	2	5	4	13	18	6	
-4	7	12	14	15	13	4	
-3	7	10	14	28	8	5	
-2	21	18	22	20	10		
0-1	37	22	10	7	4		

Tiefe	<40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
Anzahl der Werte	75	71	79	122	97	29	14
mittlere							
Echoleist.	1,49	2,09	3,37	3,48	5,21	5,79	12,3
A_1		971	1383	1179	1429	737	428
A_1 - Flächen der Tiefenbereiche in sm ²							

Tabelle 2b

Häufigkeitsverteilung der Integratorwerte M_j nach der Tiefe für das Jahr 1982 / ICES 26

M_j	<40	-50	-60	-70	-80	-90	-100	>100
-10	1							
-9						2		
-8						2	1	1
-7	2	2	1	1	1	4	1	3
-6	3	2	3	3	1	2	5	7
-5	3	3	4	2	3	14	13	9
-4	11	8	3	5	5	23	9	25
-3	12	15	14	15	11	21	21	25
-2	17	22	26	23	46	18	29	56
0-1	39	17	19	22	12		2	15

Tiefe	<40	-50	-60	-70	-80	-90	-100	>100
Anzahl der Werte	82	69	70	68	81	86	81	141
mittlere								
Echoleist.	1,97	2,18	2,17	1,70	1,85	2,95	2,09	2,49
A_1		777	864	915	1031	1820	1065	2000

Tabelle 2c

Häufigkeitsverteilung der Integratorwerte M_j nach der Tiefe für das Jahr 1983 / ICES 25

M_j	<40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
-5,5					1		
-5,0					2	1	
-4,5					1		
-4,0					1		
-3,5					1	2	
-3,0					1		
-2,5	1				1		
-2,0	2	2			3	1	
-1,5	3	3	10	5	6	2	
-1,0	1	4	8	15	8	2	2
-0,5	4	18	35	31	34	12	13
0-0,5	25	65	59	70	35	19	21

Tiefe	<40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
Anzahl der Werte	36	92	112	128	83	37	25
mittlere							
Echoleist.	0,64	0,94	0,57	0,75	0,84	0,73	0,64

Tabelle 2d

Häufigkeitsverteilung der Integratorwerte M_j nach der Tiefe für das Jahr 1984 / ICES 25

M_j	<40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
-20				1	2	1	
-15				1	3	4	
-10		1		1	1	2	
-9					1	1	
-8				2	2	1	
-7				1	7	1	
-6	1	1	3	6	8	4	
-5		1	6	14	12	5	
-4	1	2	22	20	20	4	
-3	3	12	24	36	29	17	24
-2	30	94	71	33	14	1	
0-1	18						

Tiefe	<40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
Anzahl der Werte	59	112	132	127	102	35	24
mittlere							
Echoleist.	1,35	2,08	1,98	2,69	3,42	3,58	2,63

Tabelle 2e

Häufigkeitsverteilung der Integratorwerte M_j nach der Tiefe für das Jahr 1984 / ICES 26

M_j	<40	-50	-60	-70	-80	-90	-100	>100
-5				1	1	5	1	18
-4		1	2	6	9	4	27	55
-3	1	9	15	31	56	74	117	3
-2	27	44	49	34	7	2	3	
0-1	17							

Tiefe	<40	-50	-60	-70	-80	-90	-100	>100
Anzahl der Werte	45	55	66	72	73	82	148	76
mittlere								
Echoleist.	1,14	1,68	1,60	2,17	2,49	2,58	2,75	3,77

Tabelle 2f
Häufigkeitsverteilung der Integratorwerte M_j nach der Tiefe für das Jahr 1986 / ICES 25

M_j							
>200							5
-180							2
-160							5
-140							2
-120		1					1
-100			1				6
-80	1		1	4			4
-60	2	1	6	14	25		12
-40	4	7	20	33	46	10	7
0-20	34	41	81	46	15	4	16
Tiefe	<40	-80	-60	-70	-80	-90	-100
Anzahl der Werte	41	50	89	97	118	36	23
mittlere Echoleist.	15,4	15,6	18,8	23,1	62,2	50,5	16,1

Tabelle 2g
Häufigkeitsverteilung der Integratorwerte M_j nach der Tiefe für das Jahr 1986 / ICES 26

M_j								
>200							4	
-200							2	
-180							4	
-160					1		5	
-140					1		9	
-120					2	1	5	
-100		1			4		10	
-80			1	2	3	1	13	
-60		3	4	7	5	13	27	
-40	2	7	6	9	6	38	31	
0-20	10	37	31	37	34	75	50	
Tiefe	<40	-50	-60	-70	-80	-90	-100	>100
Anzahl der Werte	12	48	41	58	48	135	65	160
mittlere Echoleist.	13,3	17,1	16,8	22,1	20,4	25,1	18,9	37,7

Die Tabellen und Abbildungen zeigen, daß die Tiefenbereiche mit den höchsten Fischflächendichten in den ICES-Gebieten von Jahr zu Jahr variieren. Gleichfalls schwanken die unterschiedlichen Flächendichten der einzelnen Zielklassen.

Literatur

- ALGEN, A.: Random errors of acoustic fish abundance estimates in relation to the survey grid density applied. ICES Symposium on Fisheries acoustic, Bergen, Norway, 21-24 June 1982, No. 33.
- COCHRAN, W. G.: Stichprobenverfahren. Berlin, New York: Walter de Gruyter 1972.
- GERLOTTO, A., und STEQUERT, B.: Une methode de simulation pour etudier la distribution des densites de poissons application a deux cas reels. ICES Symposium on Fisheries acoustic, Bergen, Norway, 21-24 June 1982, No. 19.
- JOHANNESSON, K. A., und MITSON, R. B.: Fisheries acoustic. A practical manual for aquatic biomass estimation. FAO Fisheries technical paper No. 240, Rome, 1983.
- KIZNER, Z. I., TESLER, W. D., und ZARIPOV, R. B.: Construction and analysis of a statistical model of a fish concentration density field.

Diese Ergebnisse weisen nach, daß die Schichtung nach der Tiefe eine sinnvolle Vorgehensweise ist und damit eine Verbesserung der Schätzgenauigkeit ermöglicht. Als Interpretationsansatz wird die folgende Beschreibung vorgeschlagen:

Im gesamten ICES-Gebiet liegt eine gleichmäßige Verteilung mit Differenzierungen in den Zielklassenanteilen nach den Tiefen vor. Darin eingelagert sind hohe Konzentrationen des Sprottes. Es scheint sinnvoll, die Sprottbestandsbestimmung durch ein exaktes Ausmessen der Konzentrationsausdehnung zu verbessern. In diese Hypothese passen auch die Ergebnisse der Dauerstation 1983. Die Fänge wurden in dem Bereich geringer Dichte durchgeführt.

6. Folgerung aus der Mittelwertbildung von Einzelechosignalen

Den Formeln des Anhanges aus OEBERST [7] entsprechend, sei hier eine neue und anschaulichere hinzugefügt, um den Zusammenhang zwischen der Mittelwertbildung aufeinanderfolgender Realisierungen einer Zufallsgröße und der möglichen Autokorrelation dieser Werte zu verdeutlichen. Es sei

$$y_j = \sum_{i=m*(j-1)+1}^{m*j} x_i \quad (11)$$

Dann gilt

$$s_y^2 \sim \frac{1}{m} s_x^2 \left(1 + \frac{2}{m} (m-1) * r(x_1, x_{1+1}) + \frac{2}{m} (m-2) * r(x_1, x_{1+2}) + \dots + \frac{2}{m} (m - (m-1)) * r(x_1, x_{1+m-1}) \right) \quad (12)$$

und

$$s_y^2 \sim s_x^2 \left(1 + \frac{2}{m} \sum_{i=1}^{m-1} (m-i) * r(x_1, x_{1+i}) \right) \quad (13)$$

Die Formel (13) sagt aus, daß in Abhängigkeit von der Autokorrelation zwischen aufeinanderfolgenden Echosignalen die Varianz des Mittelwertes der zusammengefaßten Werte steigt.

ICES Symposium on Fisheries acoustic, Bergen, Norway, 21-24 June 1982, No. 63.

- MAC LENNAN, D. N., und MAC KENZIE, I. G.: Precision of results from acoustic surveys. ICES C.M. 1983/B:17.
- OEBERST, R.: Zu einigen Aspekten der Planung von hydroakustischen Bestandsbestimmungen. Fischerel-Forschung, Rostock 23 (1986) 4.
- SHOTTON, R., und BAZIGOS, G. P.: Techniques and considerations in the design of acoustic surveys. ICES Symposium on Fisheries acoustic, Bergen, Norway, 21-24 June 1982, No. 4.
- VOROBYOV, M. V.: On planing of an echo surveys. ICES Symposium on Fisheries acoustic, Bergen, Norway, 21-24 June 1982, No. 19.