

# Dokumentation eines Einstroms von warmem salzhaltigem Wasser in das Bornholmbecken im Oktober 1996

Rainer Oeberst und Uwe Böttcher, Institut für Ostseefischerei Rostock

Durch das Institut für Ostseefischerei (IOR) wurde von September bis November 1996 mit dem FFK „Solea“ der Bereich der westlichen Ostsee auf mehreren Reisen untersucht. Die Arbeitsschwerpunkte der Reisen waren unterschiedlich: 396. Solea-Reise (16. 09.-30.09.96): Untersuchungen zum Vorkommen und zur Verbreitung juveniler Dorschstadien in der Arkona- und Bornholmsee (SD 24 und 25); 397. Solea-Reise (2.10. - 19.10.96): Hydroakustische Bestandsaufnahme der westlichen Ostsee (SD 22 und 24), des südlichen Kattegat und Teile von SD 25 (Interkalibrierung von Schiffen) und 398. Solea-Reise (21.10.-02.11.96): Untersuchungen zum Vorkommen und zur Verbreitung juveniler Dorschstadien in der Arkona- und Bornholmsee (SD 24 und 25). Auf allen Reisen erfolgten parallel zu den fischereilichen Forschungsarbeiten hydrographische Untersuchungen, deren Ergebnisse in diesem Beitrag dargestellt werden sollen.

Mit der Erfassung der hydrographischen Daten wurden mehrere Zielstellungen verfolgt. Lang- und mittelfristige Datenreihen werden zur Klärung von Zusammenhängen zwischen der Hydrographie und der Entwicklung der Fischbestände benötigt. So wurde der Bestandsrückgang des Ostseedorsches in den 80er Jahren im Zusammenhang mit einer veränderten hydrographischen Situation diskutiert. Andererseits kann die aktuelle hydrographische Situation sich auch auf die räumliche Verteilung der Fische auswirken (Meidung von Sauerstoffmangel-Bereichen, Konzentration in Bereichen mit hohem vertikalem Dichtegradienten durch Anreicherung planktischer Nahrung, ...). Diesbezügliche Informationen können für die Gestaltung und Auswertung von Surveys herangezogen werden und damit die Aussagekraft der Schätzung verbessern. So kann bei hydroakustischen Aufnahmen die Verteilung der hydrographischen Parameter für eine vertikale Stratifizierung des Wasserkörpers genutzt werden (Oeberst 1996). Aus den hydrographischen Daten lassen sich weiterhin Schlußfolgerungen zur großräumigen Verlagerung von Wasserkörpern und damit zur Verdriftung planktischer Entwicklungsstadien der Fische ableiten. Durch die Erfassung der hydrographischen Daten während der aufeinanderfolgenden Reisen ist es auch möglich Ein- und Ausstromprozesse im Bereich der westlichen Ostsee zu beobachten.

## Material

Während der Reisen wurden auf unterschiedlichen und im Untersuchungsgebiet sehr heterogen verteilten Stationen mit einer OTS- Speichersonde die Parameter Sauerstoffgehalt, Temperatur, Salzgehalt und Dichte auf Vertikalprofilen erfaßt. Für den Sauerstoffsensor erfolgte an Bord regelmäßig eine Schnelleichung gegen

feuchtigkeitsgesättigte Luft (Schuler und Herrnsdorf 1982). Regelmäßig wurden alle Parameter im Oberflächenwasser mit einem Zweitmeßgerät überprüft. Die folgenden Darstellungen konzentrieren sich auf die Ergebnisse im Bereich der Arkonasee und des Bornholmbeckens.

Abbildung 1 stellt die Positionen der hydrographischen Stationen im östlichen Teil der Arkonasee und dem westlichen Teil des Bornholmbeckens dar. Diese Abbildung zeigt, daß in Abhängigkeit von den Aufgabenstellungen der einzelnen Reisen unterschiedliche Gebiete für die Gewinnung hydrographischer Daten genutzt wurden. Grundsätzlich wurden die Daten von der Oberfläche bis zum Meeresboden mit einem maximalen Abstand von 20 cm zwischen den Einzelmessungen gewonnen. Sauerstoffmessungen erfolgten ergänzend in 10 m-Tiefen-Intervallen. Grundlage der Dateninterpretation sind die tabellarisch zusammengefaßten Werte für die einzelne Tiefenstufen bzw. die grafischen TS-Profile.

### Documentation of an influx of warm and saline water in the Bornholm Basin in October 1996

The Institute for Baltic Fisheries, Rostock, performed three research cruises with different aims in autumn (September - November) 1996. The area of investigation ranged from the southern Kattegat, the Belts, the Arkona Sea to the Bornholm Basin. With a CTD memory probe hydrographical data were sampled after many trawl stations from the surface to the bottom. These data document a saltwater inflow in the deeper water of the Bornholm Basin at the beginning of November.

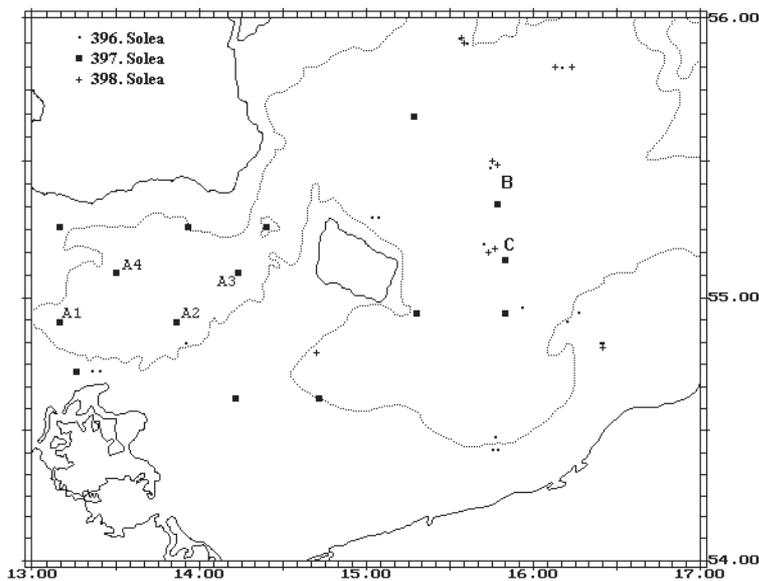


Abb.1: Positionen der Stationen, auf denen hydrographische Daten während der Solea-Reisen gewonnen wurden

Position of stations which were used for hydrographical sampling in the Arkona and Bornholm Sea

## Ergebnisse

Die hydrographische Situation in der Arkona- und der Bornholmsee wird wesentlich durch Austauschprozesse zwischen der eigentlichen Ostsee und den durch Schwellen und Meerengen abgegrenzten Bereichen der Beltsee und des Kattegats geprägt. Einströmendes salzreiches Wasser aus Beltsee und Kattegat wird auf Grund seiner höheren Dichte vom ausströmenden, salzarmen Ostseewasser überdeckt. Der hohe Dichtegradient verhindert dabei weitgehend eine vertikale Vermischung dieser beiden Wasserkörper. In den Sommermonaten kommt es außerdem zur Ausbildung einer thermischen Sprungschicht zwischen der sich erwärmenden Deckschicht und dem darunter liegenden Wasserkörper. Diese Sprungschicht stellt eine weitere Barriere für die vertikale Durchmischung des Wasserkörpers dar (Hupfer 1977). Die Stärke der warmen Deckschicht nimmt im Verlauf des Sommers zu und erreicht im Herbst eine Mächtigkeit von 20 - 40 m.

Die Abbildung 2 zeigt TS - Profile der 397. Solea Reise im Oktober. Die Profile sind den Stationen im Seegebiet zugeordnet. Tabelle 1 enthält Temperatur-, Salzgehalts-, Dichte- und Sauerstoffsättigungswerte für ausgewählte Stationen des Arkonabeckens. Zur Kennzeichnung wurden die Bezeichnungen A1 - A4 genutzt. Aus der Grafik und aus den Tabellenwerten wird ersichtlich, daß zu diesem Zeitpunkt die thermische Schichtung (warme Deckschicht über dem kalten Tiefenwasser) weitgehend aufgehoben ist. Die mit ca. 12 °C relativ hohe und auf einigen Stationen zur Tiefe sogar

leicht ansteigende Temperatur bei einem Salzgehalt bis zu 20,5 PSU im Tiefenbereich des südlichen Arkonabeckens weist auf einen Zustrom aus den westlich gelegenen Übergangsbereichen hin. Die Sauerstoffsättigung im Grundbereich lag auf allen Stationen über 70 %. Die bezüglich des Salzgehaltes und der Temperatur vertikal homogene Deckschicht verringerte sich von ca. 25 m nordwestlich Bornholms auf ca. 5 m nördlich des Darßes. Kälteres Wasser trat nur in der östlichen Arkonasee als Zwischenschicht in Erscheinung.

Aus den Reiseberichten des dänischen Forschungsschiffes „Gunnar Thorson“, die dem Institut für Ostseefischerei (IOR) zur Verfügung gestellt werden, geht hervor, daß im Arkonabecken Anfang September am Grund ein Salzgehalt von 12 PSU vorherrschte. Anfang

Oktober wurde dann am Boden des Arkonabeckens ein Salzgehalt von 16 PSU beobachtet. Diese Ergebnisse stimmen gut mit den Resultaten der 397. Solea-Reise. Ende September bis Anfang Oktober ein Zustrom von Wasser höheren Salzgehalts in das Arkonabecken erfolgte.

In der Bornholmeer wurden im gleichen Zeitraum auf den in der Abbildung 1 dargestellten Stationen hydrographische Messungen durchgeführt. Die Abbildung 3

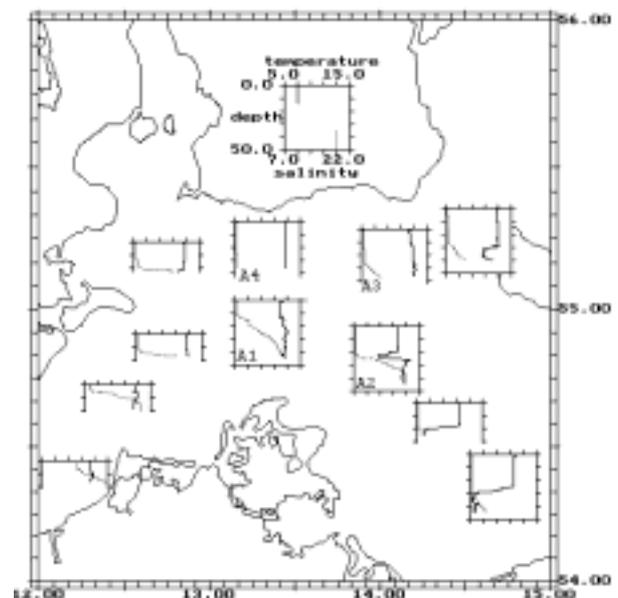


Abb. 2: TS-Profil der 397. Solea-Reise in der Arkonasee  
TS profiles of 397. Solea cruise in the Arkona Sea

Tab.1: Daten der OTS Speichersonde für ausgewählte Tiefen in der Arkonasee auf der 396. Solea-Reise

Data of OTS memory probe for different depth in Arkona Sea of the 396. Solea cruise

SIGMA - Abweichung der Dichte zu 1000 kg / m <sup>3</sup>					
Position	Tiefe	Temperatur	Salinität	SIGMA	Sauerstoff-sättigung
siehe Abb.1	dbar	degC	PSU	kg/m <sup>3</sup>	%
A1	20,0	12,57	10,61	7,73	96,9
	30,0	12,52	15,58	11,62	95,5
	40,0	12,67	17,33	12,99	84,9
	43,7	12,14	19,32	14,62	81,8
A2	20,0	10,85	7,38	5,47	97,7
	30,0	12,84	15,03	11,14	84,1
	40,0	12,31	19,03	14,36	73,8
A3	44,6	12,32	19,04	14,38	71,9
	20,0	12,88	9,57	6,88	88,1
	30,0	12,84	14,39	10,65	83,9
	40,0	11,79	20,48	15,56	76,9
A4	42,7	11,68	20,77	15,81	76,2
	20,0	12,74	7,44	5,27	97,0
	30,0	12,79	7,48	5,33	96,9
	36,5	12,81	7,50	5,38	96,7

Tab. 2: Daten der OTS Sonde für Stationen im Bornholmbecken auf der 396. und 397. Solea-Reise

Data of OTS memory probe for different depth in Bornholm Basin of the 396. and 397. Solea cruise

Position	Tiefe	Temperatur	Salinität	SIGMA	Sauerstoff-sättigung
siehe Abb.1	dbar	degC	PSU	kg/m <sup>3</sup>	%
396. Gebiet B	60,0	8,47	11,87	9,40	83,6
	69,6	4,71	14,99	12,20	64,9
	78,5	5,21	16,20	13,17	19,7
396. Gebiet C	60,0	8,19	9,84	7,85	82,9
	71,1	4,58	13,61	11,12	74,3
	80,0	4,68	15,35	12,53	69,2
	91,4	5,23	16,24	13,26	5,6
397. Gebiet B	60,0	7,28	11,08	8,90	87,9
	70,1	5,11	14,08	11,46	81,2
	80,0	5,09	15,91	12,95	69,9
	90,8	5,23	16,18	13,21	48,1
397. Gebiet C	60,0	6,58	10,78	8,71	85,4
	70,0	5,06	14,22	11,58	78,7
	80,0	5,24	15,96	12,98	61,1
	86,7	5,26	16,08	13,11	47,7

stellt die TS-Profile für Stationen im Bornholmbecken dar. Sie ermöglicht einen Vergleich der hydrographischen Situation in den Teilgebieten B und C (siehe Abb. 1) während der aufeinander folgenden Reisen. In Tabelle 2 sind zusätzlich Angaben zur Temperatur, Salzgehalt, Dichte und Sauerstoffsättigung in ausgewählten Tiefenstufen aufgeführt. Die Temperatur der Deckschicht sank von Mitte September bis Ende Oktober jahreszeitbedingt um ca. 3 Grad von 13 auf 10 °C. Eine

Temperatur-sprungschicht, die das kalte Winterwasser- von der im Sommer erwärmten Oberflächenschicht trennt, wurde in der Bornholmsee auf allen drei Reisen festgestellt. Die Tiefenlage dieser Sprungschicht variierte zwischen 25 - 35 m Tiefe.

Auf der 396. Reise wurde auf einzelnen Stationen im Bornholmbecken (Tiefe > 60 m) zusätzlich eine warme Zwischenschicht bei 50 - 60 m Tiefe im ca. 5 °C kalten Tiefenwasser beobachtet. Dieses Zwischenwasser, das auch auf den Stationen der 397. Reise nachgewiesen werden konnte, unterscheidet sich jedoch von dem in die Arkonasee eingedrungenen Wasserkörper durch die geringere Temperatur und Salzgehalt (ca. 9 °C, 11 PSU). Es ist anzunehmen, daß es sich hierbei um einen aus dem Arkonabecken durch den dortigen Einstrom verdrängten Mischwasserkörper älteren Datums handelt. Aus den Daten geht hervor, daß im September und Oktober 1996 im Tiefenwasser des Bornholmbeckens kaltes (ca. 5 °C) und salzhaltiges (16 PSU) Wasser vorherrschte. Die Sauerstoffsättigung lag zwischen 5,6 und 47 % am Boden.

In der Abbildung 3 wurden ebenfalls die TS-Profile der 398. Solea-Reise dargestellt. In der Tabelle 3 sind die Werte für Temperatur, Salzgehalt, Dichte und Sauerstoffsättigung in verschiedenen Tiefenstufen aufgeführt. Diese Werte weisen nach, daß der zuvor in der Arkonasee bemerkte Einstrom sich zwischenzeitlich bis in die Bornholmsee fortsetzte. Auf der 398. Reise wurde Ende Oktober auch im Tiefenbereich des Bornholm Becken das aus der Arkonasee zuströmende wärmere (11 °C) und salzhaltigere Wasser (17 PSU) aus der Arkonasee gefunden. Die Sauerstoffsättigung im eingeströmten warmen Tiefenwasser lag auch unterhalb 60 m über 40 %. Nur im nördlichen Teil, wo das kalte Tiefenwasser nicht bis zum Grund verdrängt worden war, wurde mit 7 % eine deutlich geringere Sauerstoffsättigung festgestellt. Diese Werte im Tiefenwasser des

Bornholmbeckens stimmen mit den Ergebnissen aus der Arkonasee vom Oktober überein. Durch die hohe Dichte des zugeströmten warmen Salzwassers aus der Arkonasee (SIGMA 14,4 - 15,8) wurde das kalte Wasser am Boden verdrängt.

Der Eintrag des lebensnotwendigen Sauerstoffes in die Tiefenbereiche der Becken ist an den horizontalen Wasseraustausch gebunden. Dieser Austausch ist jedoch

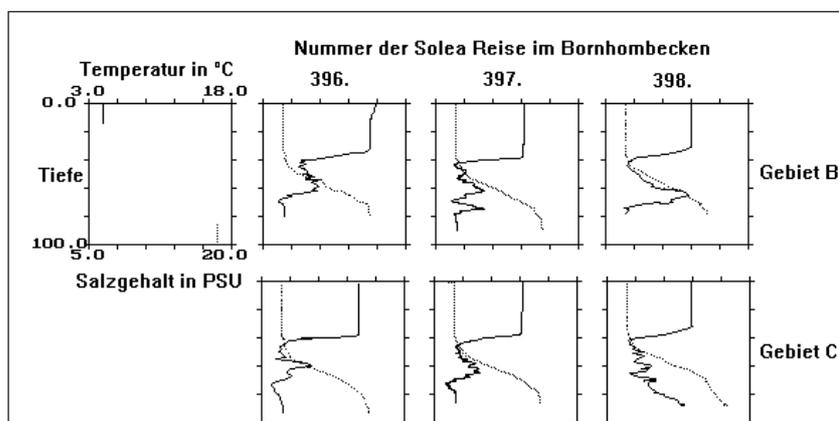


Abb. 3: TS - Profile für die 396., 397. und 398. Solea-Reisen im Bornholmbecken (Gebiete B und C in Abbildung 1)

TS profiles of 396., 397. and 398. Solea cruises in the Bornholm Basin (area B and C in Figure 1)

Tab. 3: Daten der OTS Sonde für Stationen im Bornholmbecken auf der 398. Solea-Reise

Data of OTS memory probe for different depth in Bornholm Basin of the 398. Solea cruise

Position	Tiefe	Temperatur	Salinität	SIGMA	Sauerstoff-sättigung	
siehe Abb.1	dbar	degC	PSU	kg/m <sup>3</sup>	%	
398.	60,2	8,35	11,93	9,46	81,5	
Gebiet B	69,8	10,00	14,73	11,50	60,8	
	79,3	5,10	16,06	13,07	7,7	
398.	60,6	7,44	12,52	10,01	77,2	
	Gebiet C	70,2	7,86	15,52	12,36	48,7
		80,2	8,93	16,43	13,00	17,1
398.	87,5	11,03	17,42	13,53	43,1	
	Gebiet C	60,6	7,15	12,81	10,27	81,5
		70,0	8,83	15,53	12,27	50,3
398.	80,3	10,01	16,70	13,08	33,2	
	85,3	11,47	17,38	13,42	47,6	

kein kontinuierlicher Prozeß. Das Eindringen des salzreichen Tiefenwassers aus den Übergangsbereichen Beltsee und Kattegat erfolgt in Schüben unterschiedlicher Intensität. Anzahl und Stärke dieser Intrusionen bzw. Salzwassereinbrüche ist von im Komplex wirkenden meteorologischen und hydrographischen Faktoren abhängig (Matthäus et al. 1996, Matthäus 1996, Hupfer und Tinz 1996). Während kleinere Ereignisse (Intrusionen) häufiger auftreten und sich meist nur bis in das Arkonabecken bemerkbar machen, wurden größere Salzwassereinbrüche, die auch in den nachfolgenden Becken zu einer Erneuerung des Tiefenwassers füh-

ren, nur zwischen Spätsommer und Frühjahr festgestellt. Das Ausbleiben von großen Salzwassereinbrüchen in den 80er Jahren führte zu einer drastischen Verschlechterung der Sauerstoffbedingungen in den Tiefenbereichen der Ostseebecken. Da der absolute Sauerstoffgehalt bei hoher Temperatur geringer ist als bei niedrigen Temperaturen, haben herbstliche Einstromereignisse meist nur eine zeitlich sehr begrenzte Auswirkung auf die Verbesserung der Sauerstoffsituation in den Tiefenbereichen der Ostseebecken. Eine durchgreifende Verbesserung der Sauerstoff-

situation ist an winterliche Salzwassereinbrüche gebunden.

Da im Untergebiet 25 nur wenige Stationen vorliegen, kann keine Aussage über eine weitere Ausbreitung des eingeströmten Wassers gemacht werden.

Die Ergebnisse zeigen aber auch, daß durch die Sammlung der hydrographischen Daten während der Solea-Reisen des IOR in der Ostsee, neben der eigentlichen Zielstellung auch Aussagen zum zeitlichen Verlauf von Einstromereignissen möglich sind. Um die Aussagequalität zu steigern, ist es aber sinnvoll, während der Reisen standardisierte Stationen zu nutzen.

## Literatur

- Hupfer, P.: Die Ostsee- kleines Meer mit großen Problemen. BSB B.G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig, 152 S., 1978.
- Hupfer, P.; Tinz, B.: Klima und aus der Ostsee. Parey Verlag, Berlin, 24 - 30, 1996. Klimaänderung, in J. L. Lozan, R. Lampe, W. Matthäus, H. Rumohr, H. von Westernhagen (Hrsg.): Warnsignale
- Matthäus, W.: Temperatur, Salzgehalt, Dichte. in G. Rheinheimer (Hrsg.): Meereskunde der Ostsee, Springer-Verlag, 75 -80, 1996.
- Matthäus, W.; Nehring, D.; Schulz, S.: Trends in der zentralen Ostsee (Arkona-, Bornholm- und Gotlandsee). in J. L. Lozan; R. Lampe; W. Matthäus; H. Rumohr; H. von Westernhagen (Hrsg.): Warnsignale aus der Ostsee, Parey Verlag, Berlin, 266 -273, 1996.
- Oeberst, R.: Is the hydrographical situation suited as criterion for the stratification of acoustic surveys in the western Baltic Sea. ICES C.M. 1996 / C+J : 6