

Fahrtbericht

ALKOR 191b

Praktikumsausfahrt SS 2001 für Hauptfächler mit FS *ALKOR*

08.10 bis 11.10.2001

Kiel-Warnemünde-Sassnitz-Warnemünde-Kiel

Fahrtleiter

Thomas J. Müller

Betreuer

Janko Hauser, Christian Begler, Jürgen Langhof, Ben Marzeion

Teilnehmer am Praktikum

Björn Blöhdorn, Aaron Gaal, Swen Dowidat, Bettina Droste, Ralf
Ertzinger, Tobias Friedrich, Johannes Homuth, Verena Hormann, Fabian
Schlösser, Martin Scharffenberg, Mariana Wagner

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
1.1	Tagesprotokoll	5
1.2	Stationsliste	8
2	Strömung bei der Verankerung V399, Feb-Okt 2001	10
2.1	Vergleich von ADCP Strömungsprofil am Tag der Aufnahme mit dem RCM	13
3	Meteorologie	15
3.1	Einleitung	15
3.2	Meteorologische Sensoren und deren Korrektur	15
3.2.1	Wind	15
3.2.2	Temperatur	16
3.2.3	Strahlung	16
3.3	Meteorologische Messungen	17
3.3.1	Wind	17
3.3.2	Temperatur	18
3.3.3	Relative Feuchte	18

3.3.4	Luftdruck	20
3.3.5	Wassertemperatur	20
3.3.6	Kurz- und langwellige Strahlung	21
3.3.7	Wärmeflüsse	23
3.4	Temperaturänderungen und Wärmeflüsse	25
3.5	Einbettung in die großräumige Wetterlage der vorhergehenden Tage	27
3.5.1	Wetterlage während der Praktikumsausfahrt 8.10. - 11.10.2001	27
3.6	Die meteorologischen Verhältnisse und deren Einfluß auf ozeanografische Messungen	28
4	Gerätevergleich und Kalibrierung	32
4.1	Geräte	32
4.1.1	CTD-Sonde	32
4.1.2	Thermosalinograph	32
4.1.3	Pütz	33
4.1.4	Schöpferrosette	33
4.1.5	Elektrische Kippthermometer	33
4.1.6	Salinometer	33
4.2	CTD-Kalibrierung	34
4.3	Kalibrierung Thermosalinograph	36
5	Hydrographie	38
5.1	Einleitung	38

5.2	Salzgehaltsverteilung	38
5.3	Temperaturverteilung	38
5.4	Dichte	40
5.5	Sauerstoffsättigung	41
5.6	Chlorophyllgehalt	44
6	Die Strömungsverteilung nach ADCP-Messungen	46
6.1	Einleitung	46
6.2	Fehmarnbeltschnitt vom 8.10.2001	46
6.3	Fehmarnbeltschnitt vom 11.10.2001	47
6.4	Längsschnitt vom 8-9.10.2001	47

1 Einleitung

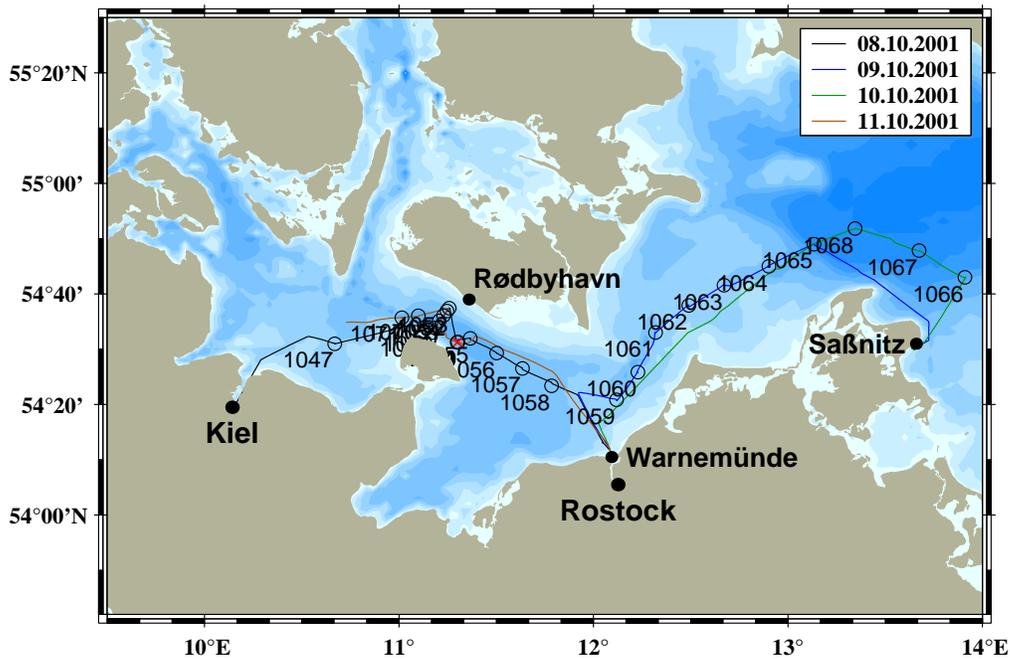


Abbildung 1.1: Fahrtroute

1.1 Tagesprotokoll

Montag, 08.10.2001:

Mit 11 genauso verschlafenen wie aufgeregten Studenten legte die ALKOR morgens um 8 Uhr in Kiel ab. Unterstützt von Fahrleiter T.J.Müller und 3 Betreuern. Außerdem war U. Send am ersten Tag mit an Bord.

Ziel des Tages war, neben der Einweisung der Studenten in die Instrumente, quer zum Fehmarnbelt

einen Schnitt mit CTD und Schiffs-ADCP aufzunehmen, sowie eine Verankerung (V399/05) mit einem Strömungsmesser an Bord zu nehmen, die Ende Juli diesen Jahres ausgelegt worden war. Danach sollte ein Schnitt mit CTD und ADCP begonnen werden, der vom Fehmarnbelt entlang der Achse der Rinne bis ins Arkonabecken reicht.

Die Studenten arbeiteten in 4 Zweier- und einer Dreiergruppe im Rotationsprinzip an folgenden Stationen:

1. Aufnahme meteorologischer Daten mit dem Psychrometer, Thermosalinograph und Datadis
2. CTD Datenerfassung und Verarbeitung sowie Leitung der Messung mit der Bordkommunikation
3. Rosette für die Messung vorbereiten und die Wasserproben entnehmen
4. Schiffs-ADCP Datenbeobachtung
5. Salzgehaltsbestimmung der Wasserproben mit dem Salinometer

Gegen 19:00 Uhr lief die Alkor im Zielhafen Warnemünde ein.

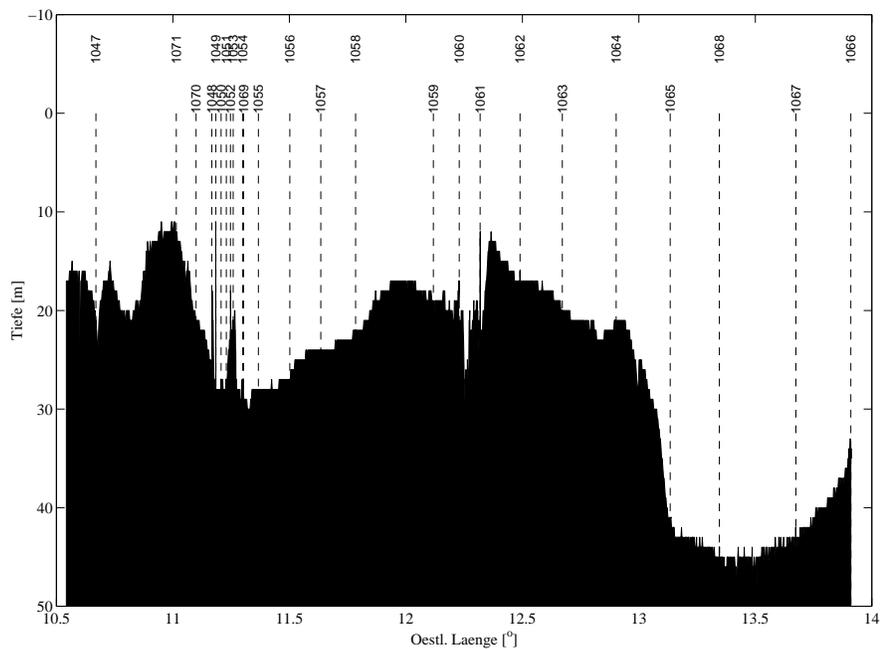


Abbildung 1.2: Zonaler Schnitt des Bodenprofils und Kennzeichnung der Stationen

Dienstag, 09.10.2001:

Pünktlich um 7.00 Uhr morgens legte die ALKOR in Richtung Rügen ab. Bei strahlendem Sonnenschein wurde der ADCP-Schnitt entlang der Fahrtroute vervollständigt und insgesamt 7 Messungen mit CTD und Rosette vorgenommen. Weiterhin wurden Wasserproben salinometriert. Gegen 19:00 Uhr legte die ALKOR in Sassnitz an.

Mittwoch, 10.10.2001:

Um 7:00 Uhr morgens legte die ALKOR in Sassnitz ab. Da der Wetterbericht 7 bis 8 Beaufort aus West bis Südwest vorhersagte, mußte auf die erste Station der Route verzichtet werden, um pünktlich in Warnemünde anzukommen.

Und tatsächlich war zwischen 9:00 Uhr morgens und 17:00 Uhr nachmittags wegen erheblichen Seegangs eine Arbeit an den Computern unmöglich. Insgesamt wurden 3 Messungen mit CTD und Rosette vorgenommen. Gegen 19:00 Uhr legte das Schiff in Warnemünde an.

Donnerstag, 11.10.2001:

Die ALKOR lief um 7:00 mit Richtung Kiel in Warnemünde aus. Es erfolgte das Auslegen der Verankerung V399/06. Außerdem wurde ein zweiter ADCP-Schnitt quer Fehmarnbelt aufgenommen. Mit 3 CTD-Stationen wurde der Längsschnitt bis zum Vindsgrav vervollständigt. Gegen 18:00 Uhr legten wir in Kiel an.

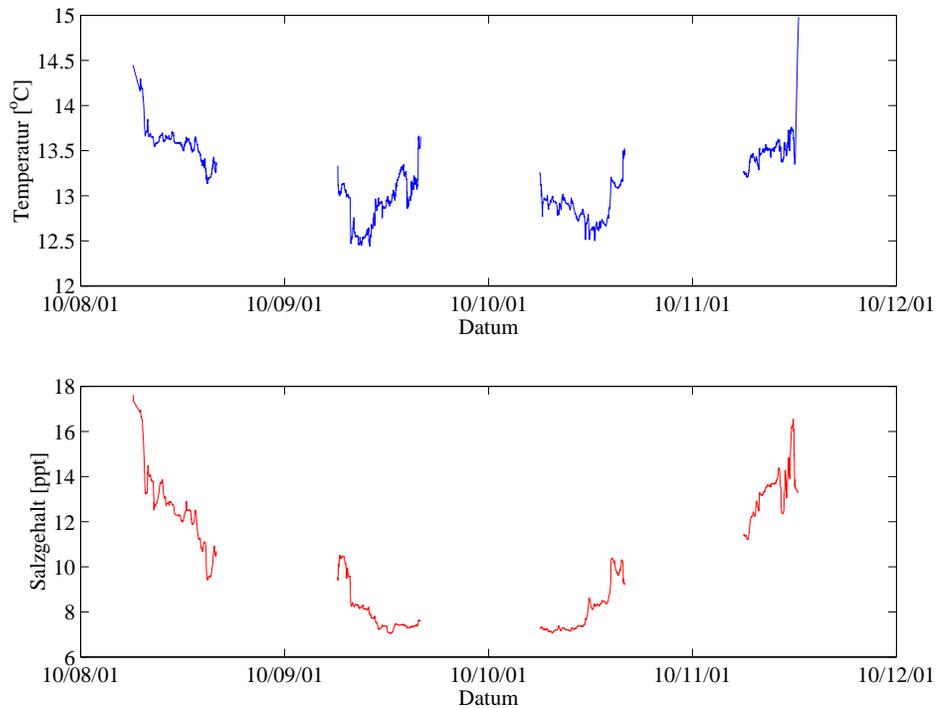


Abbildung 1.3: Temperatur- und Salzgehaltswerte aus den Thermosalinographenmessungen

1.2 Stationsliste

Date/Time (UTC)	Station	Prof.	Latitude	Longitude	Wd	Id	P	Remarks
08.10 07:00	-	-	54° 20.00'	010° 09.00'	-9	0	-	sail Kiel
08.10 08:19	1047	1	54° 30.99'	010° 40.18'	21	21	-	CTD test
08.10 10:10	1048	2	54° 32.99'	011° 10.01'	19	19	2	start section C
08.10 10:27	1049	3	54° 33.86'	011° 11.06'	28	28	3	
08.10 10:47	1050	4	54° 35.10'	011° 12.41'	28	28	4	
08.10 11:04	1051	5	54° 36.08'	011° 13.74'	28	28	5	
08.10 11:20	1052	6	54° 36.89'	011° 14.81'	22	22	6	
08.10 11:35	1053	7	54° 37.43'	011° 15.52'	21	21	7	stop section C
08.10 12:30	1054	-	54° 31.22'	011° 17.97'	28	28	1	V39905 recovered
08.10 12:35	1054	8	54° 31.22'	011° 17.97'	28	28	1	start section FW

Tabelle 1.1: Liste der Stationen, Ab- und Ankunftszeiten und einiger Wegpunkte; Wd: Wassertiefe; Id: max. Instrumententiefe; P: Nr. der Praktikumsposition

Date/Time (UTC)	Station	Prof.	Latitude	Longitude	Wd	Id	P	Remarks
08.10 13:10	1055	9	54° 31.93'	011° 22.00'	28	28	8	
08.10 13:53	1056	10	54° 29.29'	011° 30.10'	27	27	9	
08.10 14:30	1057	11	54° 26.50'	011° 38.08'	24	24	10	
08.10 15:09	1058	12	54° 23.36'	011° 47.04'	22	22	11	
08.10 15:43	-	-	54° 21.78'	011° 54.98'	18	-	-	stop section FW
08.10 19:00	-	-	54° 11.00'	012° 06.00'	-	-	-	call Warnemuende
09.10 06:00	-	-	54° 11.00'	012° 06.00'	-	-	-	sail Warnemuende
09.10 06:12	-	-	54° 21.88'	011° 55.38'	18	-	-	start section WR
09.10 06:47	1059	13	54° 20.84'	012° 07.07'	19	19	12	
09.10 07:32	1060	14	54° 25.83'	012° 13.73'	18	18	13	
09.10 08:27	1061	15	54° 33.01'	012° 19.13'	22	22	14	
09.10 09:25	1062	16	54° 37.91'	012° 29.39'	18	18	15	
09.10 10:14	1063	17	54° 41.58'	012° 40.30'	20	20	16	
09.10 11:12	1064	18	54° 44.98'	012° 54.15'	22	22	17	
09.10 12:11	1065	19	54° 48.99'	013° 08.08'	41	41	18	stop section WR
09.10 18:45	-	-	54° 30.52'	013° 38.20'	-	-	-	call Sassnitz
10.10 07:00	-	-	54° 30.52'	013° 38.20'	-	-	-	sail Sassnitz
10.10 06:32	1066	20	54° 43.00'	013° 54.59'	34	34	21	start section AR
10.10 07:40	1067	21	54° 47.85'	013° 40.46'	44	44	22	
10.10 09:15	1068	22	54° 51.84'	013° 20.72'	47	47	23	
10.10 10:10	-	-	54° 48.97'	013° 07.73'	40	0	-	stop section AR
10.10 19:00	-	-	54° 11.00'	012° 06.00'	-	-	-	call Warnemuende
11.10 07:00	-	-	54° 11.00'	012° 06.00'	-	-	-	sail Warnemuende
11.10 07:40	-	-	54° 25.61'	011° 47.94'	21	0	-	start section WF
11.10 08:46	1069	23	54° 31.29'	011° 18.19'	28	28	-	stop section WF
11.10 08:46	1069	-	54° 31.29'	011° 18.19'	28	28	1	V399 06 set
11.10 09:37	-	-	54° 22.90'	011° 47.94'	17	0	2	start section C
11.10 10:30	-	-	54° 36.00'	011° 15.23'	21	0	7	stop section C
11.10 11:15	1070	24	54° 36.00'	011° 05.95'	25	25	23	start section FV
11.10 11:44	1071	25	54° 35.68'	011° 00.87'	27	27	24	stop section FV
11.10 17:10	-	-	54° 20.00'	010° 09.00'	-	-	-	call Kiel

Tabelle 1.2: Fortsetzung der Stationsliste

2 Strömung bei der Verankerung V399, Feb-Okt 2001

Am Südostausgang des Fehmarnbelts zur westlichen Ostsee wird durch das IfM Kiel seit Februar 1999 in der Verankerung V399 mit einem Aanderaa RCM4 die Strömung in 26 m Tiefe bei 28 m Wassertiefe gemessen. Die Verankerung wird während der Ausfahrten des Physikalisch-Ozeanographischen Praktikums ausgetauscht, d.h. dreimal im Jahr. Ziel ist es, den Einstrom salzreichen Bodenassers in die westliche Ostsee zu beobachten und in Modellrechnungen zu für verbesserte Vorhersagen zu nutzen.

Durch Fischerei sind Verluste entstanden, so dass der bisherige Datensatz Lücken enthält. Von Februar bis Juli und Oktober 2001 ist der Datensatz jedoch lückenlos; aus diesem Teil werden die tiefpassgefilterten Tagesmittel der 225 d langen Zeitreihen von Strömung, Temperatur und Salzgehalt diskutiert.

Abbildung 2.1 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Strömungsrichtung und deren Stärken. Deutlich ist in der Messtiefe von 26 m (Wassertiefe 2 m) der Einstrom des bodennahen salzreichen Nordseewassers. Die mittlere Strömung wurde aus den tiefpassgefilterten Tagesmitteln berechnet. Sie ist mit 4.8 cm/s nach 128 Grad gerichtet, also parallel zur Rinne. Die Richtungsstabilität beträgt 0.89 Grad und ist damit extrem hoch. Maximale Geschwindigkeiten von bis zu 14.5cm/s treten auf.

Abbildung 2.2 zeigt Salzgehalt, potentielle Temperatur, Strömungsrichtung und deren Stärken zusammen auf einer Zeitskala. Klar zu sehen ist das Salzgehaltsmaximum im Hochsommer, was auf das Ausbleiben von Stürmen zurückzuführen ist und die damit verbundene stabilere Schichtung der Wassersäule. Mit Beginn des Herbstes Anfang September häuft sich der Ausstrom von Ostseewasser in der Tiefe und der Salzgehalt nimmt ab. Ein Blick auf die Wetterkarten dieses Zeitraumes zeigt außerdem ein Tiefdruckgebiet von 979 hPa über der Ostsee (09.09. -13.09. 2001), das mit Windgeschwindigkeiten von über 9 Beaufort für eine kräftige Durchmischung der Wassersäule sorgte und damit für eine Abnahme des Salzgehaltes verantwortlich ist.

Das starke Absinken des Salzgehaltes Anfang April 2001 läßt sich weder mit dem Ausstrom von

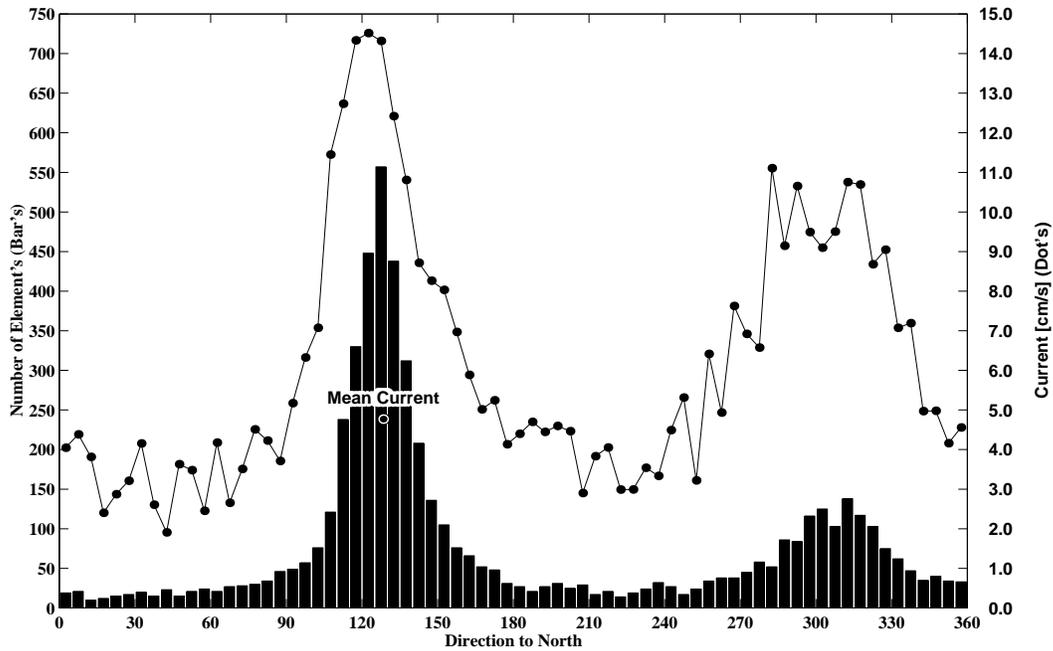


Abbildung 2.1: Strömungsverteilung der Verankerung V399 5

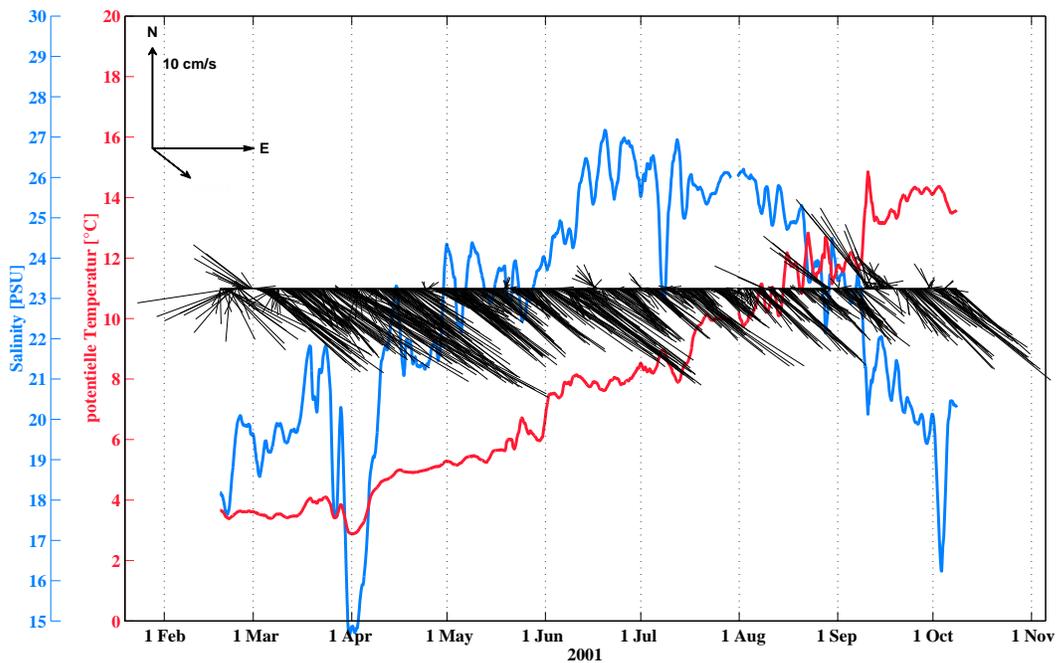


Abbildung 2.2: Zeitserie von Salzgehalt, Temperatur und Strömungsrichtung, sowie Strömungsstärke für den Zeitraum der Verankerungsauslegung.

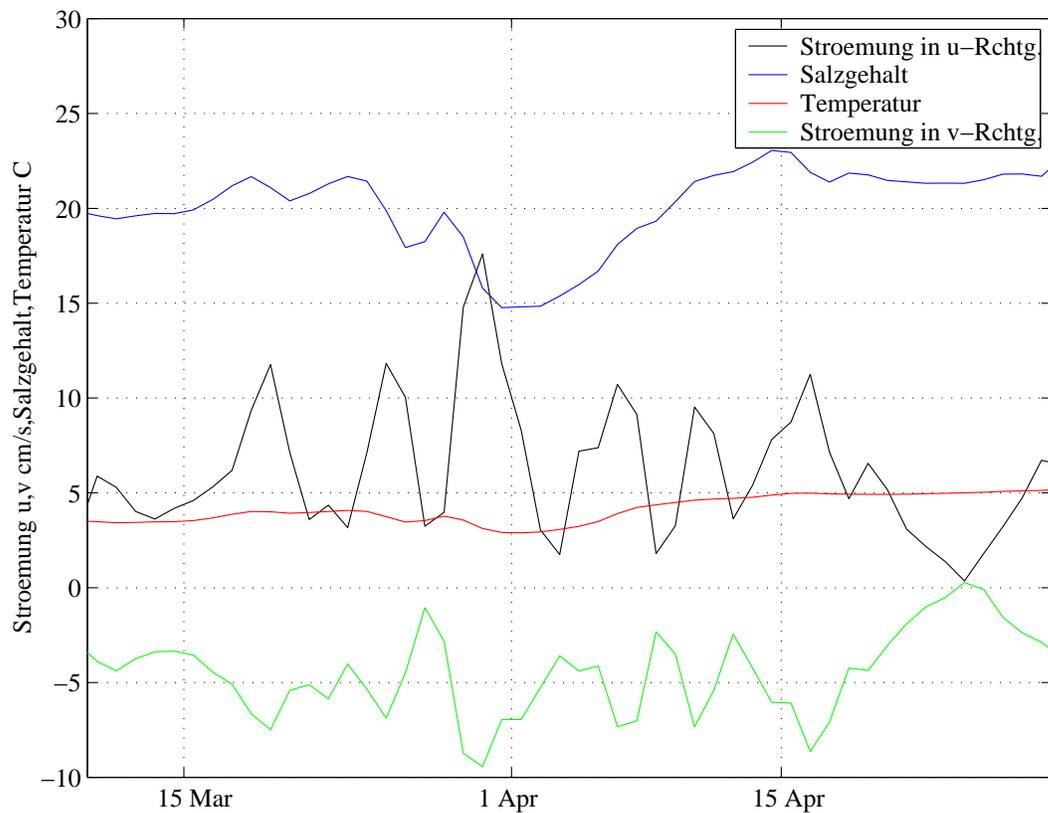


Abbildung 2.3: Zeitliche Entwicklung der meridionalen (grün) und zonalen (schwarz) Geschwindigkeitskomponenten für den Monat April 2001.

Ostseewasser in Bodennähe noch mit einer Durchmischung der Wassersäule erklären. Ein Zoom auf diesen Zeitraum (Abb. 2.3) zeigt, daß der Einbruch des Salzgehaltes mit einem Anstieg der Strömung in südliche und westliche Richtung einhergeht. Eine mögliche Erklärung wäre ein gegen den Uhrzeigersinn drehender Wirbel von salzarmen Ostseewasser, der den Fehmarnbelt von Ost nach West durchquert. Die potentielle Temperatur zeigt den erwarteten jahreszeitlichen Verlauf, einen konstanten Anstieg bis etwa Mitte September.

Abbildung 2.4 stellt Salzgehalt und potentielle Temperatur dar. Wenn man die potentielle Temperatur wegen ihres konstanten Anstiegs als Zeitskala interpretiert, gibt sie Abbildung 2.3 exakt wieder. Der Salzgehalt steigt mit der pot. Temperatur und hat sein Maximum bei 8°C . Dies entspricht jahreszeitlich dem Zeitraum Anfang Juni bis Anfang Juli. Die Minima liegen jeweils bei den höchsten und niedrigsten Temperaturen zum Frühlings- bzw Herbstanfang. Glättet man die Grafik und legt Tangenten an die Glättungskurve, so findet man im Schnittpunkt der Tangenten Wasser mit einer potentiellen Temperatur von ca. 8°C Grad und einem Salzgehalt von 28 psu bis 32 psu ; das Nordsee-Quellwasser aus dem Skagerrak.

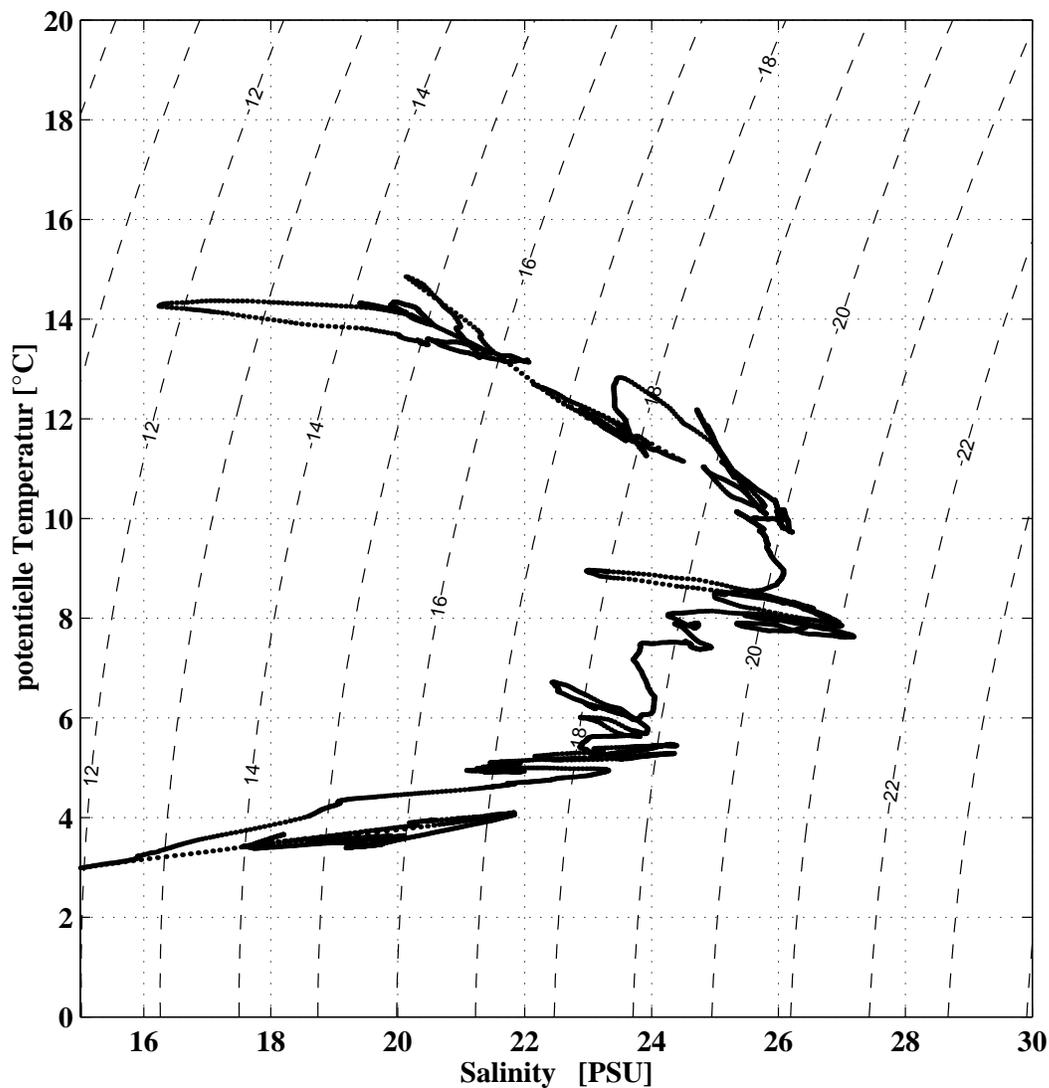


Abbildung 2.4: T-S Diagramm aus den Verankerungsmessungen

2.1 Vergleich von ADCP Strömungsprofil am Tag der Aufnahme mit dem RCM

Um die Strömungsgeschwindigkeiten der beiden Geräte miteinander vergleichen zu können, sind verschiedene Punkte bei der Auswertung zu berücksichtigen. Zunächst wird die nächstgelegene ADCP-Messung betrachtet, da die Messung an der Verankerungsstelle selbst keine brauchbaren Werte hervorbrachte. Die ADCP-Daten sind am selben Tag etwas später, aber nahezu an der selben Stelle, und zwar auf geographischen Länge 54.5211 und Breite 11.2990. Als weiteres Hinderniss bei der Auswertung tritt ist die geringere Messtiefe des ADCP zu vermerken; es misst nur bis in eine Tiefe von 24 m, während der Strömungsmesser in einer Tiefe von 26 m registrierte. Ein weiterer

Punkt, der zu berücksichtigen ist, ist die unterschiedliche Abtastrate der Geräte. Während das ADCP kontinuierlich Werte lieferte, nahm das Strömungsmessgerät in der Verankerung lediglich alle 30 Minuten einen Wert auf. Das ADCP zeigt also eine Momentaufnahme, während das RCM eine Betrachtung über einen längeren Zeitraum ermöglicht.

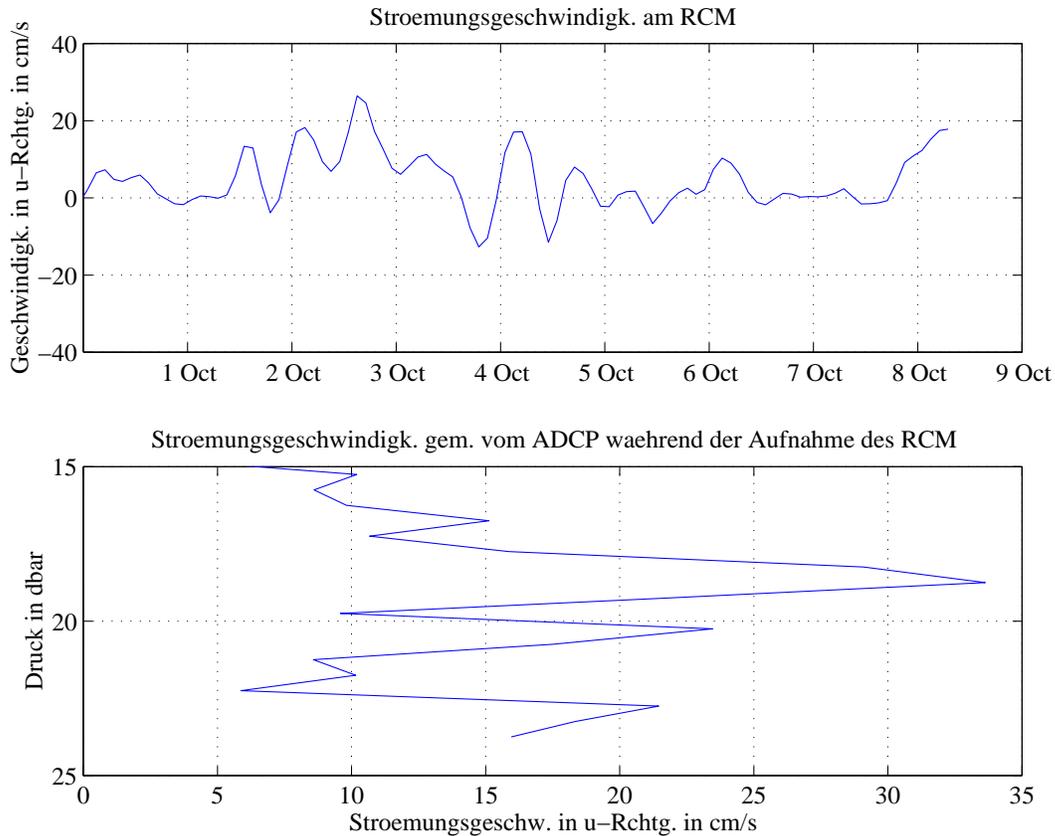


Abbildung 2.5: Entwicklung der zonalen Geschwindigkeitskomponente aus den Verankerungsdaten in den letzten Tagen vor der Aufnahme (oben). Darunter die vertikale Verteilung der zonalen Geschwindigkeit aus den Messungen des VM-ADCP's in der Nähe der Verankerung (unte)

Der Vergleich der Messungen am Tag der Verankerungsaufnahme zeigt eine Übereinstimmung der Strömungskomponenten in zonaler Richtung, obwohl das RCM 4 m tiefer lag (2.5). Ab ca 15 m mass das ADCP eine positive zonale Geschwindigkeit, also nach Osten. Der letzte Wert wurde in einer Tiefe von 24 m aufgezeichnet und beträgt 16 cm/s. Fast denelben Wert, nämlich 17 cm/s, zeigte auch das RCM an, kurz bevor es geborgen wurde. Die Werte passen also gut zusammen, wie erwartet findet ein Zufluss aus der Nordsee von West nach Ost statt. Darüberhinaus ist noch eine relativ gleichmässige Schwingung zu erkennen. Hier kann auf eine evtl. Eigenschwingung der Ostsee oder auf Gezeiten geschlossen werden.

3 Meteorologie

3.1 Einleitung

Auf der Praktikumsausfahrt vom 08.10.2001 bis 11.10.2001 wurden während der gesamten Zeit verschiedene meteorologische Parameter mit der Datadis-Anlage auf der F.S. ALKOR aufgezeichnet, sowie mit dem Psychrometer auf jeder Station die Feuchte- und Trocken-Temperatur bestimmt. Aus diesen Daten wurden anhand von Tabellen die relative Feuchte berechnet. Zusätzlich wurde der Bewölkungsgrad bestimmt, um Wärme Flüsse berechnen zu können. Die gemessenen bzw. aus den Daten berechneten Parameter sind:

- wahrer Wind
- Lufttemperatur
- Wassertemperatur
- relative Feuchte
- Luftdruck
- kurz- und langwellige Strahlung
- Wärme Flüsse

3.2 Meteorologische Sensoren und deren Korrektur

3.2.1 Wind

Auf der Alkor gibt es jeweils an der Backbord und an der Steuerbordseite Windfahnen Schalenkreuzanemometer , mit denen die Windrichtung und Windgeschwindigkeit bestimmt werden. Die

Sensoren auf der Luv-Seite liefern die verlässlicheren Daten. Dies wurde bei der Auswertung der Meßergebnisse berücksichtigt.

3.2.2 Temperatur

Die Feucht- und Trockentemperaturen werden mit PT100 Widerstandsthermometern gemessen. Das Feuchtermometer wird über einen Strumpf ständig befeuchtet. Auch die beiden Thermometer sind jeweils an Back- und Steuerbordseite vorhanden. Zusätzlich sind die Thermometer noch strahlungsgeschützt und werden belüftet. Die Werte für die Temperaturen an der Back- bzw. an der Steuerbordseite stimmen weitgehend überein, was darauf schließen läßt, daß die Werte recht verlässlich sind. Auch der Sensor für die Wassertemperatur im Termosalinographen der die Wassertemperatur in ca. 2 m Tiefe funktionierte einwandfrei und lieferte sinnvolle Daten, was durch Vergleich mit den Pütztemperaturen bestätigt wird. Diese liegen nur etwas höher da sie direkt an der Wasseroberfläche gemessen wurden.

3.2.3 Strahlung

Die zwei Sensoren für die Strahlung messen diese aus dem oberen Halbraum. Ein Sensor erfaßt die kurzwellige der andere die langwellige Strahlung. Der Kurzwellensensor funktionierte einwandfrei was wir anhand der Daten im Vergleich mit unseren Beobachtungen an Deck sowie den Bewölkungswerten übereinstimmend sagen können. Der Langwellensensor hingegen lieferte nur während der Nacht Daten und war über den Tag hin generell ausgefallen, weshalb wir aus ihm keine Daten gewinnen konnten, da bis auf die zweite Nacht auch der Termosalinograph abgeschaltet gewesen ist und auch niemand den Bewölkungsgrad über die Nacht aufgenommen hat. Also haben wir die langwellige Strahlung mit Hilfe von Bulk-Formeln berechnet. In Abb. 3.10 ist aber zu erkennen wie weit verschiedene Parametrisierungen voneinander abweichen können. Der Nettowärme fluß wurde auch mit Hilfe von Bulk-Formeln berechnet. Die Werte hieraus decken sich dann auch sehr gut mit den aus der Datadisanlage der Alkor gewonnenen Daten wie Luft- und Wassertemperatur, relative Feuchte, Windgeschwindigkeit und -richtung sowie dem Bewölkungsgrad. Für die Liegezeiten in der ersten bzw. dritten Nacht haben wir Fehlende Messungen der Wassertemperatur durch gemittelte Werte der jeweils letzten und ersten Daten ersetzt und mit ihnen den Nettofluß berechnet.

3.3 Meteorologische Messungen

3.3.1 Wind

Die dargestellte Windgeschwindigkeit (Abb. 3.1) entspricht bereits der wahren Windgeschwindigkeit, die Schiffsgeschwindigkeit ist bereits herausgerechnet. Am 10. Oktober 2001 lag die Windgeschwindigkeit zwischen 6 m/s und 10 m/s . Im Hafen von Warnemünde fiel die Windgeschwindigkeit im Mittel auf 4 m/s . Am darauffolgenden Tag nahm die Windgeschwindigkeit von 11 m/s auf 6 m/s ab und schwankte vor Mitternacht zwischen 4 m/s und 11 m/s . Mit der Ausfahrt aus dem Hafen von Sassnitz stieg die Windgeschwindigkeit auch mit Verlassen des Windschattens der Insel Rügen auf über 16 m/s an. Den Tag über nahm sie auf 11 m/s ab. Man kann wieder deutlich die Liegezeit im Hafen von Warnemünde erkennen. Hier schwankte sie die Nacht zwischen 4 m/s und 8 m/s . Am letzten Tag lag sie dann wieder zwischen angenehmen 5 m/s und 10 m/s .

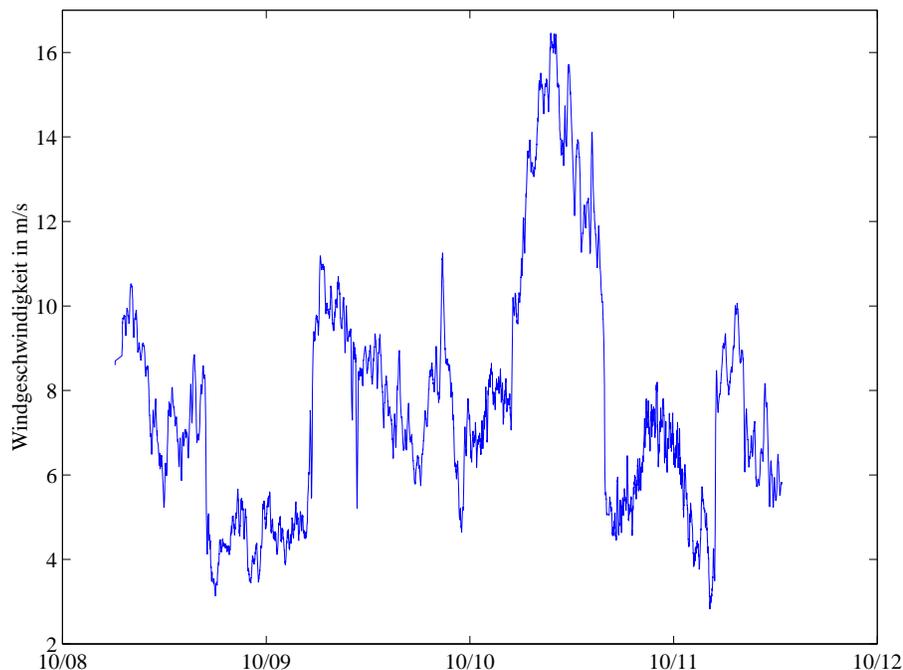


Abbildung 3.1: *Windgeschwindigkeit*

In Abb.3.2 sind die Windrichtungen und deren Änderungen aufgezeichnet. An den beiden ersten Praktikumstagen kam der Wind vorwiegend aus süd bis südwestlichen Richtungen. In der Nacht vom 9. auf den 10. Oktober drehte der Wind auf West. Die Windrichtung blieb am 10. Oktober bei stürmischem Wind relativ konstant auf West. Am letzten Praktikumstag kam der Wind vorwiegend aus Nordwest und drehte erst gegen Mittag wieder auf West.

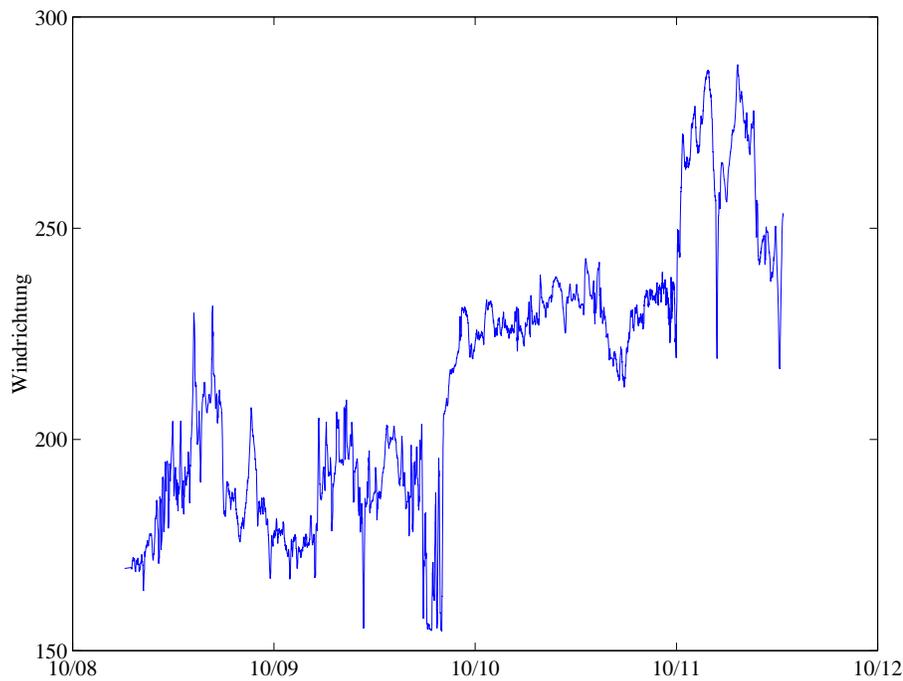


Abbildung 3.2: *Windrichtung*

3.3.2 Temperatur

In Abb. 3.3 sind die Messwerte der Trocken- und Feuchttemperatur der Backbord- und in Abb. 3.4 die der Steuerbordsensoren dargestellt. Die Feuchttemperatur liegt immer unterhalb der Trockentemperatur, aber die Differenz der beiden Parameter unterliegt wegen sich ändernder Luftfeuchtigkeit gewissen Schwankungen.

Die Steuerbord- und Backborddaten stimmen weitgehend überein. Die Temperaturen weisen einen deutlichen Tagesgang auf. Über die Zeit der Ausfahrt lag die Trockentemperatur tagsüber zwischen 12°C und 16°C . In der Nacht fielen die Temperaturen auf bis zu 9°C . In der zweiten und dritten Nacht fielen die Temperaturen nur noch auf 12°C ab. Am dritten Tag ist weiterhin eine Temperaturabnahme um 2°C durch den stärkeren Wind zu verzeichnen. Am letzten Tag schwankte sie um 13°C .

3.3.3 Relative Feuchte

Die relative Feuchte (Abb. 3.5) ist ein Mass für den augenblicklichen Anteil des Wasserdampfes in der umgebenden Luft relativ zum Sättigungswert, dieser entspricht dem maximal möglichen Wasserdampfgehalt der Luft bei der gegebenen Temperatur. Während der gesamten Ausfahrt lag die

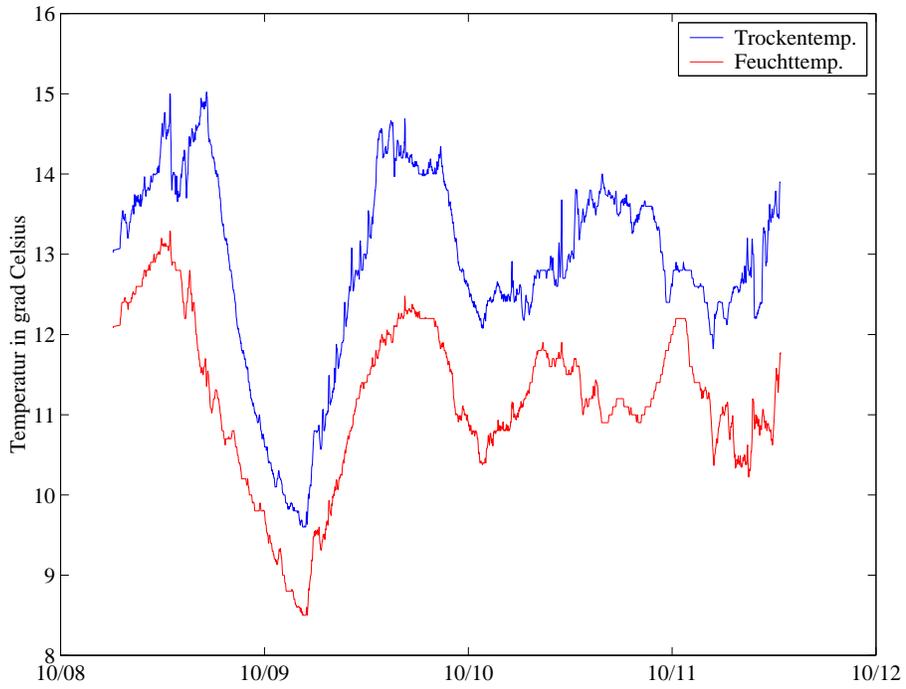


Abbildung 3.3: Lufttemperaturen an der Backbordseite

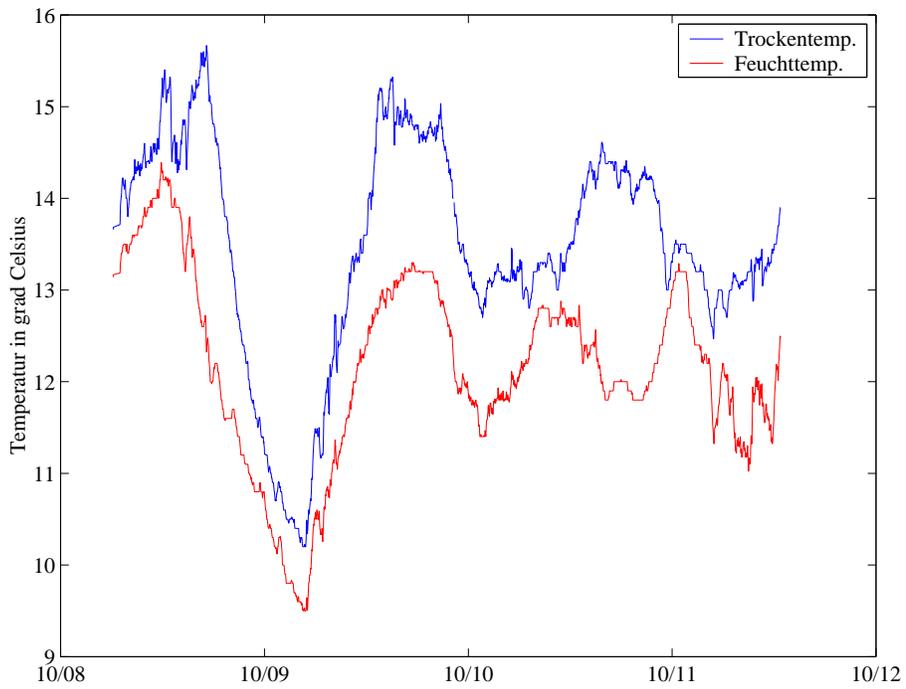


Abbildung 3.4: Lufttemperaturen an der Steuerbordseite

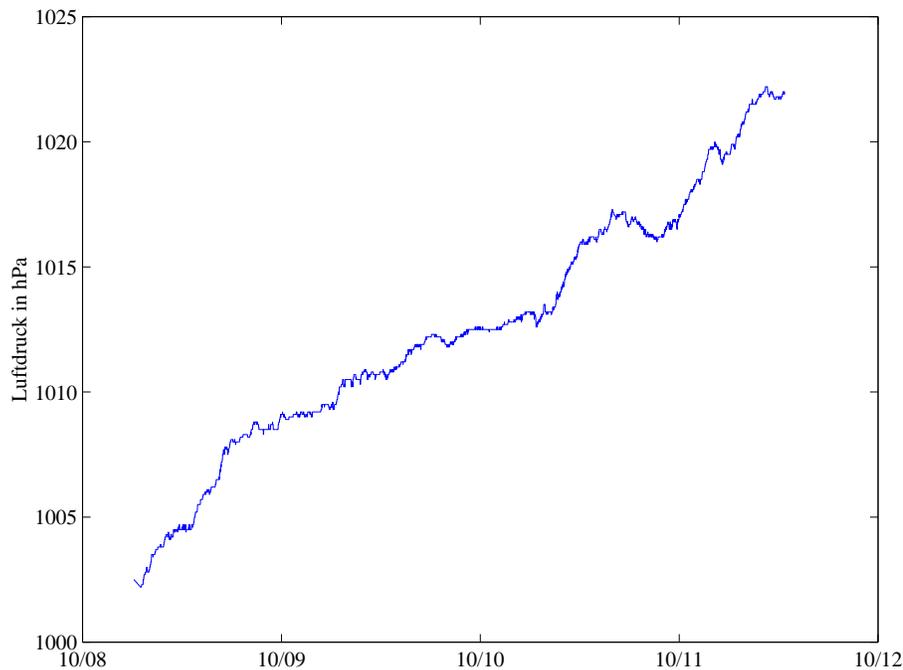


Abbildung 3.6: Änderung des Luftdruckes

9.10. lagen die Temperaturen bei 12.4°C und stiegen auf 13.3°C vor Rügen an. Auf der Fahrt um Rügen nach Sassnitz sank die Temperatur wieder auf 12.8°C ab. Am 10.10. Auf der Rückfahrt von Sassnitz nach Rügen erkennt man ein nahezu gegenläufiges Temperaturprofil zum Vortag. Ebenso sieht man den Temperaturanstieg im Fehmarnbelt am 11.10. in entgegengesetzter Richtung wie auf der Hinfahrt. Es bleibt also festzuhalten, daß die Wassertemperatur in der Hohwacher Bucht und im Fehmarnbelt am wärmsten und auf dem Weg vorbei am Darß am kältesten war. Die mit der Pütz gewonnenen Wassertemperaturen liegen in der Regel über denen von der Datadis-Anlage aufgenommenen Werten. Dies folgt daraus, daß die Temperatur von der Datadis in 2 m Tiefe, die Pütz hingegen direkt an der Wasseroberfläche gemessen wird.

3.3.6 Kurz- und langwellige Strahlung

Die Strahlungsflüsse wurden mit zwei Sensoren gemessen. Der erste Sensor registriert die kurzwellige solare Einstrahlung, diese setzt sich aus der direkten und diffusen Strahlung zusammen. Die diffuse Strahlung kommt meist durch die Raleigh-Streuung an den Luftmolekülen zustande. In Abb. 3.8 ist der Verlauf der kurzwelligen Strahlung dargestellt. Man kann deutlich Nacht und Tag erkennen, wobei die kurzwellige Strahlung in der Nacht nicht über $120\text{ W}/\text{m}^2$ ansteigt. An den letzten drei Praktikumstagen kann man Peaks bis zu $350\text{ W}/\text{m}^2$ erkennen, welche auf fehlende Bewölkung zurückzuführen sind. Auch stimmt dies deutlich mit unseren an Bord gemachten Eindrücken von

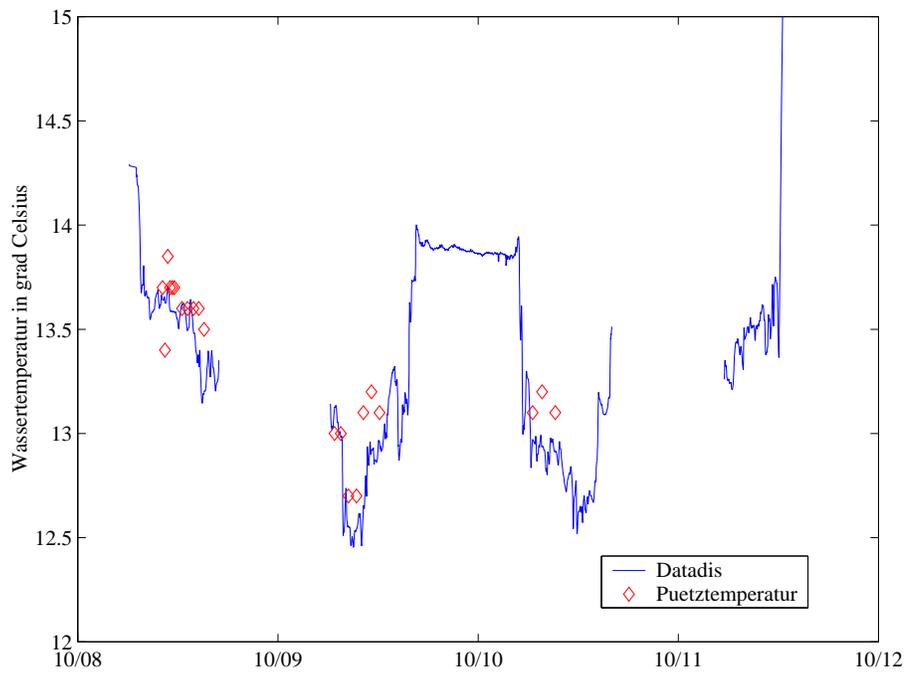


Abbildung 3.7: Wassertemperatur (rote Kreise sind die Puetztemperaturen)

einem wunderschönen Sonnenuntergängen überein.

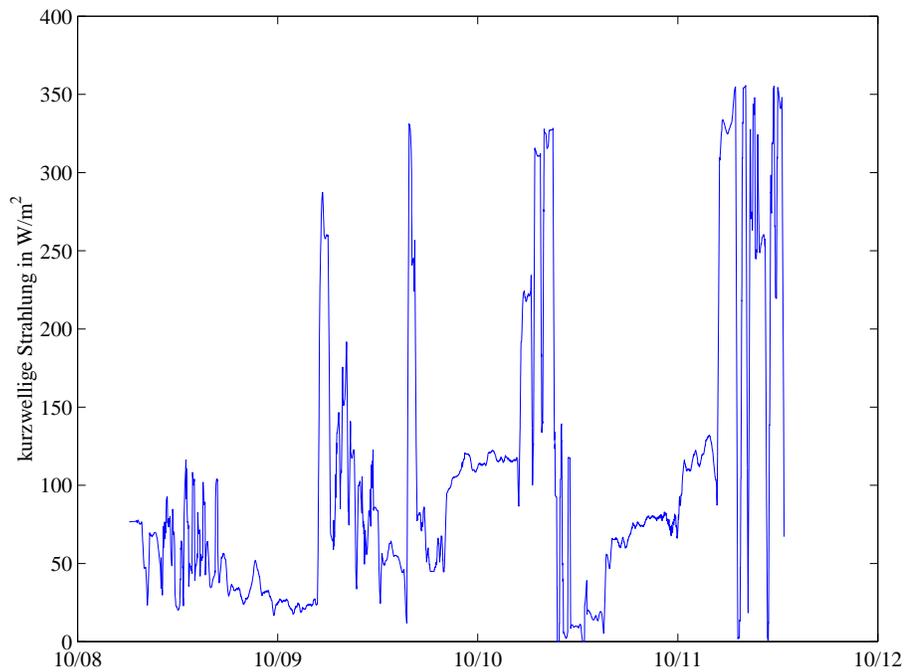


Abbildung 3.8: Verlauf der kurzwelligen Strahlung

Der zweite Sensor registrierte die langwellige terrestrische Strahlung. Diese gibt die Temperaturstrahlung der Erdoberfläche und der Atmosphäre mit allen ihren suspendierten Partikeln an. Während der gesamten Fahrt funktionierte die Datenerfassung für diesen Sensor jedoch nur während der Liegezeiten, in welchen jedoch der Thermosalinograph ausgeschaltet war. So war nur die Berechnung über Bulkformeln möglich.

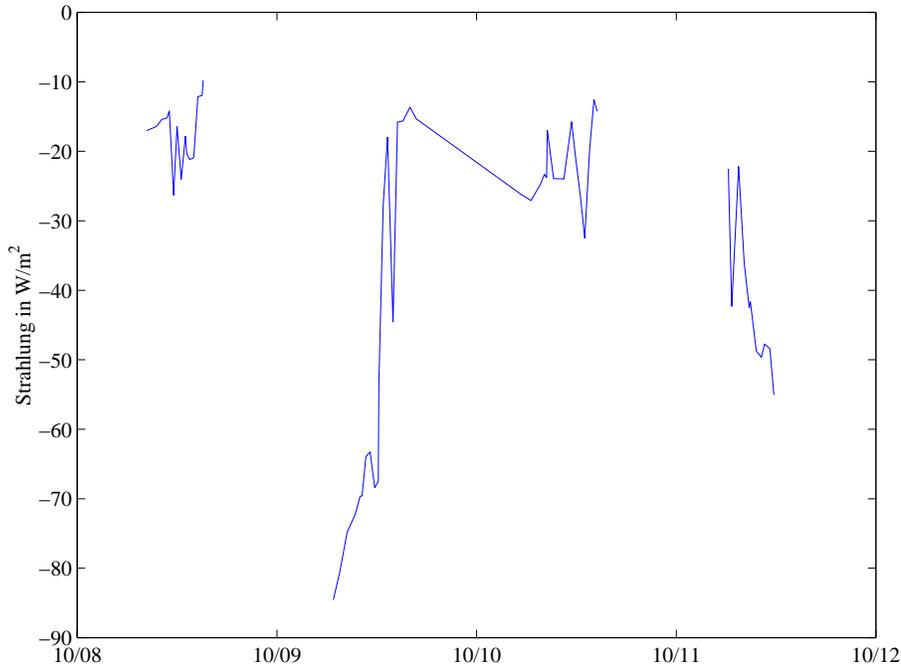


Abbildung 3.9: Verlauf der langwelligen Strahlung mit BULK-Formel

In Abb. 3.10 sind deutlich die unterschiedlichen Ergebnisse der verschiedenen Parametrisierungen der Bulk-Formel zu erkennen. Die von uns benutzte standard Bulk-Formel ist *efimova*.

3.3.7 Wärmeflüsse

In Abb. 3.11 ist der latente Wärmefluß blau dargestellt. Er beschreibt diejenige Energie, welche bei der Verdunstung von Meerwasser verbraucht und bei Kondensation wieder frei wird. Während der Ausfahrt hatte die Ostsee einen durchweg negativen latenten Wärmefluß und damit einen Energieverlust zu verzeichnen. Der sensible Wärmefluss, in Abb. 3.11 rot dargestellt, beschreibt die Wärme, die als kinetische Energie der Moleküle, durch Stossbewegungen zwischen den Molekülen in der Atmosphäre, oder auch im Übergangsbereich zwischen Wasser und Luft weitergegeben wird. Er lag an den ersten drei Tagen im positiven und nur am letzten Tag der Ausfahrt im negativen Bereich.

Der Nettowärmefluss ist die Summe aus sensiblem und latentem Wärmefluß sowie kurzweiliger und

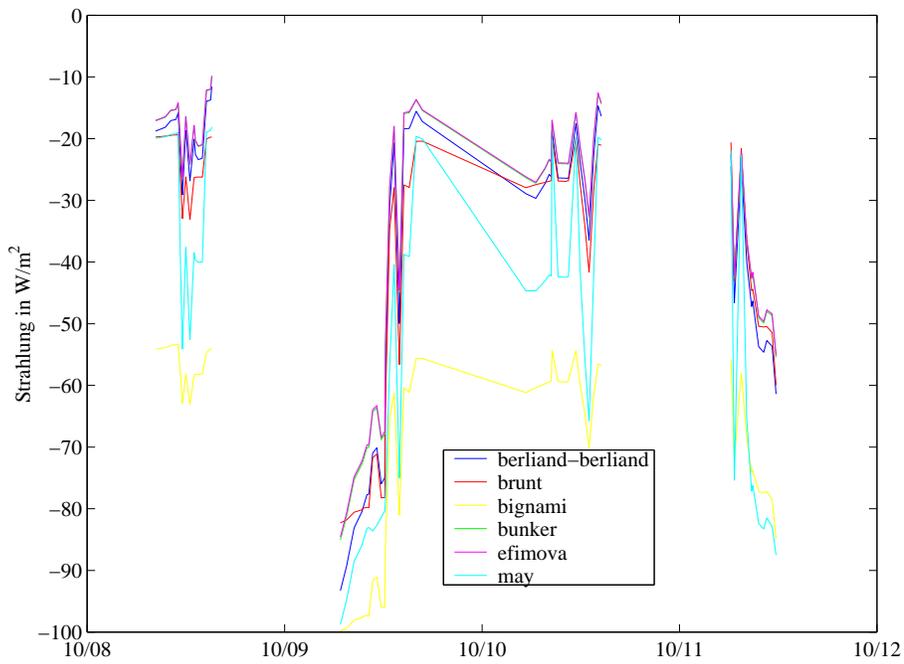


Abbildung 3.10: Verlauf der langwelligen Strahlung mit verschiedenen Parametrisierungen der BULK-Formel

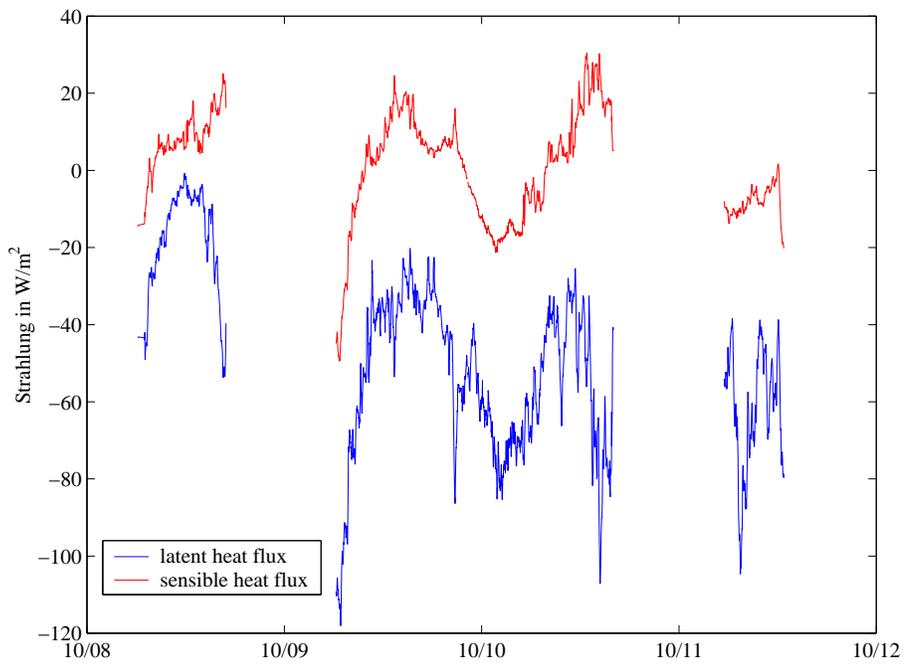


Abbildung 3.11: Latenter und sensibler Wärmefluß

langwelliger Strahlung.

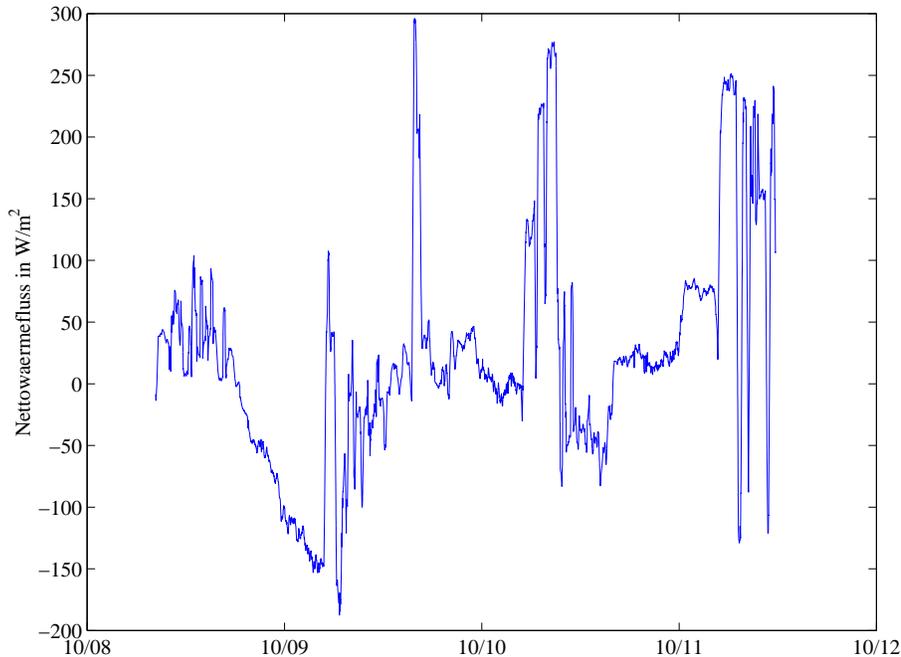


Abbildung 3.12: *Nettowärmefluß*

3.4 Temperaturänderungen und Wärmeflüsse

Die Messungen der Luft- und Wassertemperaturen aus Abb. 3.13 decken sich mit den errechneten Wärmeflüssen aus Abb. 3.12 sowie den Bewölkungsdaten aus Abb. 3.14. Es war während der Ausfahrt sowohl ein positiver als auch ein negativer Nettowärmefluss zu verzeichnen. Am ersten Tag lag die Wassertemperatur unter der Lufttemperatur, was zu einem positiven Nettowärmefluss, also einem Energiegewinn für die Ostsee führte. Am Morgen des zweiten Tages lag hingegen die Wasser- über der Lufttemperatur was zu einem negativen Nettowärmefluss, also einem Energieverlust für die Ostsee führte. Im Laufe des Tages stieg die Lufttemperatur wieder über die des Wassers an und ließ auch den Nettowärmefluss positiv werden. Am dritten Tag nahm der Nettowärmefluss den selben Verlauf wie am Vortag, änderte sich dann aber mit steigender relativer Luftfeuchte, um dann ins negative zu fallen. Mit fallender Luftfeuchte am Abend steigt der Nettowärmefluss wieder an. Am letzten Tag der Ausfahrt unerlag der Nettowärmefluss starken Fluktuationen. Die Wassertemperatur lag aber den ganzen Tag über der der Luft. Auch die relative Luftfeuchte nahm unter großen

Fluktuationen über den Tag hin ab. Diese decken sich mit denen des Nettowärmefflusses. Nach zeitlicher Integration über den Nettowärmeffluß aus Abb. 3.12 und unter der Annahme, daß keine Advektion stattgefunden hat, kann man die Temperaturveränderung über eine bestimmte Wassersäule berechnen. Im vorliegenden Fall hatten wir in der Zeit vom 08.10.2001 8:00 bis zum 11.10.2001 12:00 das Integral des Nettoflusses mit $5.7 \cdot 10^6 \text{ Ws/m}^2$ berechnet, also ein Wärmegewinn für die Ostsee. Wenn man nun annimmt, daß die Deckschicht eine Dicke von 10 m hat, sind für eine Temperaturerhöhung von 13°C auf 14°C etwa $3.7 \cdot 10^7 \text{ Ws/m}^2$ notwendig. Dies entspricht mit der von uns berechneten Leistung einem Temperaturgewinn der Ostsee über den Praktikumszeitraum von 0.15°C . Dies lässt sich in Abb. 3.7 wiedererkennen, wenn man jeweils den Beginn und das Ende der Zeitreihe betrachtet.

3.5 Einbettung in die großräumige Wetterlage der vorhergehenden Tage

3.5.1 Wetterlage während der Praktikumsausfahrt 8.10. - 11.10.2001

07.10.2001 01:00 MEZ

Die Ausläufer eines Tiefs nördlich von Irland erreichen die Deutsche Nordseeküste. In weiten Teilen Deutschlands wird das Wetter noch durch ein über dem Ural liegendem Hochdruckgebiet mit einem Nebenhoch über Kroatien bestimmt.

08.10.2001 01:00 MEZ

Für den ersten Tag der Ausfahrt waren keine Wetterkarten mehr verfügbar.

09.10.2001 01:00 MEZ

Das Tiefdruckgebiet ist weiter Richtung Osten gezogen und liegt direkt östlich vor Nordengland. Seine Ausläufer haben die Ostsee bereits überquert, sodaß Deutschland nun ausschließlich unter Tiefdruckeinfluß steht.

10.10.2001 01:00 MEZ

Das Zentrum des Tiefdruckgebietes liegt nördlich von Dänemark. Es hat sich bereits sehr abgeschwächt.

11.10.2001 01:00 MEZ

Das Tief ist weiter Richtung Skandinavien gezogen und beeinflusst weiterhin das Wetter über der Ostsee.

2001

Oktober 7 Zeigen

Comes to you via Top Karten (<http://www.wetterzentrale.de/topkarten/>)
Source (TIFF-Files): <ftp://weather.noaa.gov>

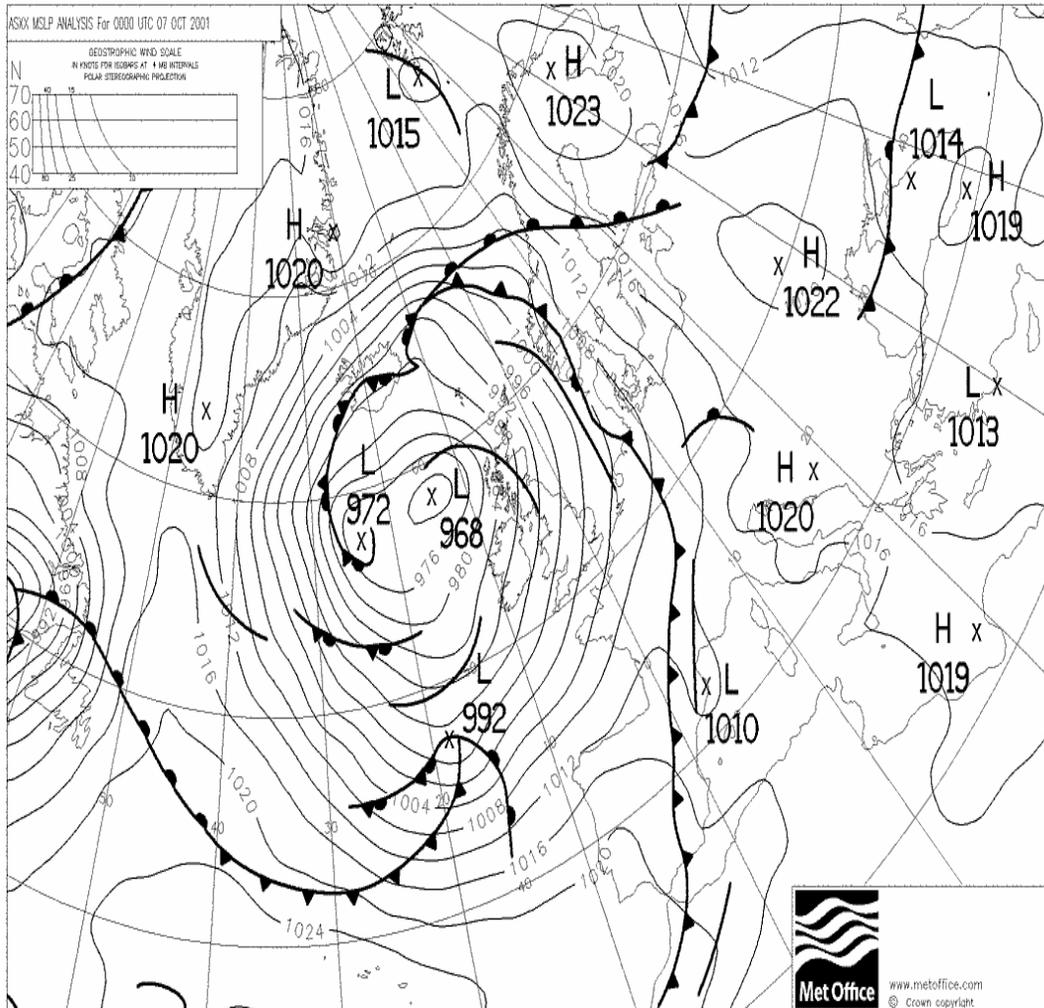


Abbildung 3.15: Wetterkarte vom 07.10.2001

3.6 Die meteorologischen Verhältnisse und deren Einfluß auf ozeanografische Messungen

Die meteorologischen Größen haben teilweise großen Einfluß auf ozeanografische Parameter, wie z.B. Wassertemperatur und die Durchmischung der Wassersäule. Durch starke Winde erfolgt eine

2001

Oktober 9 Zeigen

Comes to you via Top Karten (<http://www.wetterzentrale.de/topkarten/>)
Source (TIFF-Files): <ftp://weather.noaa.gov>

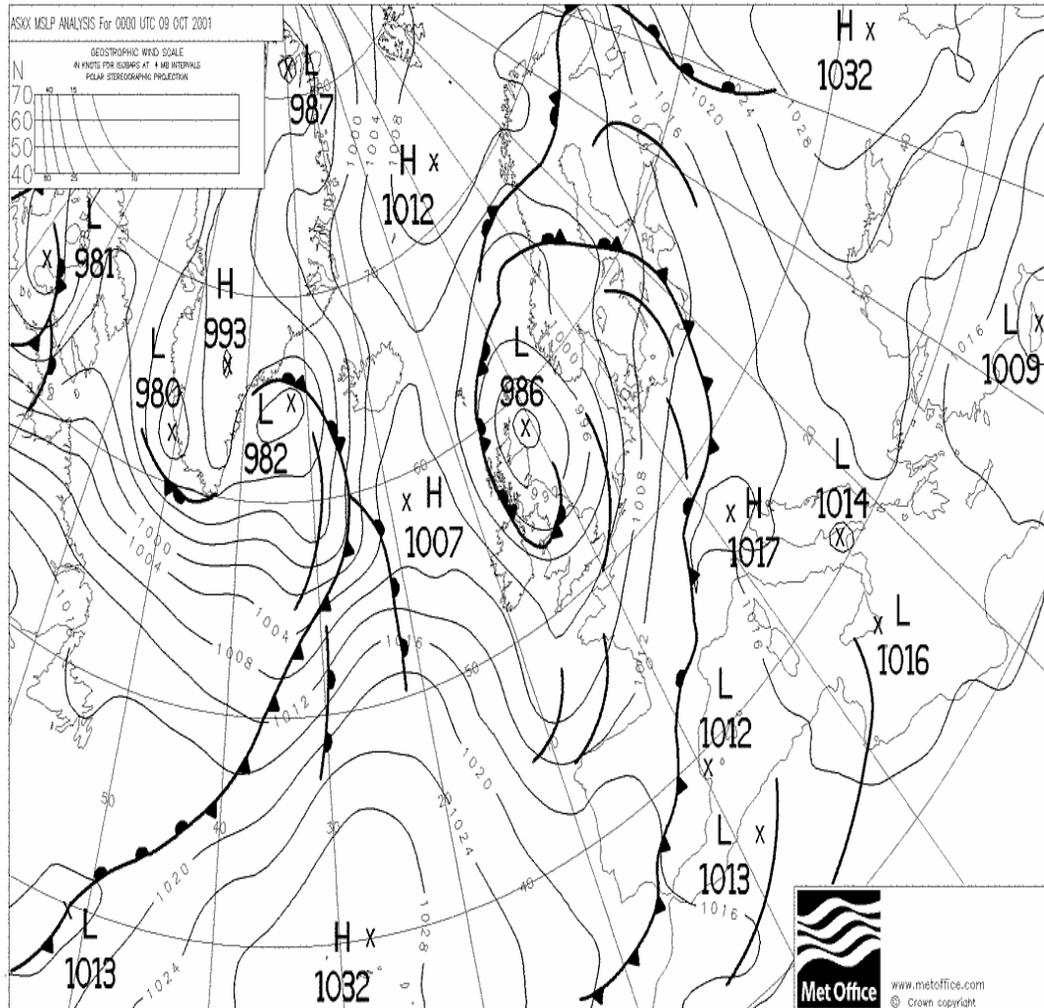


Abbildung 3.16: Wetterkarte vom 09.10.2001

Durchmischung der oberen Wassersäule was wiederum folgen für die Wassertemperatur mitsich-bringt, z.B. einmischen von kaltem Tiefenwasser in wärmeres Oberflächenwasser und eine daraus Resultierende Temperaturenniedrigung. Während der gesamten Ausfahrt herrschten mässig bis starke Winde.

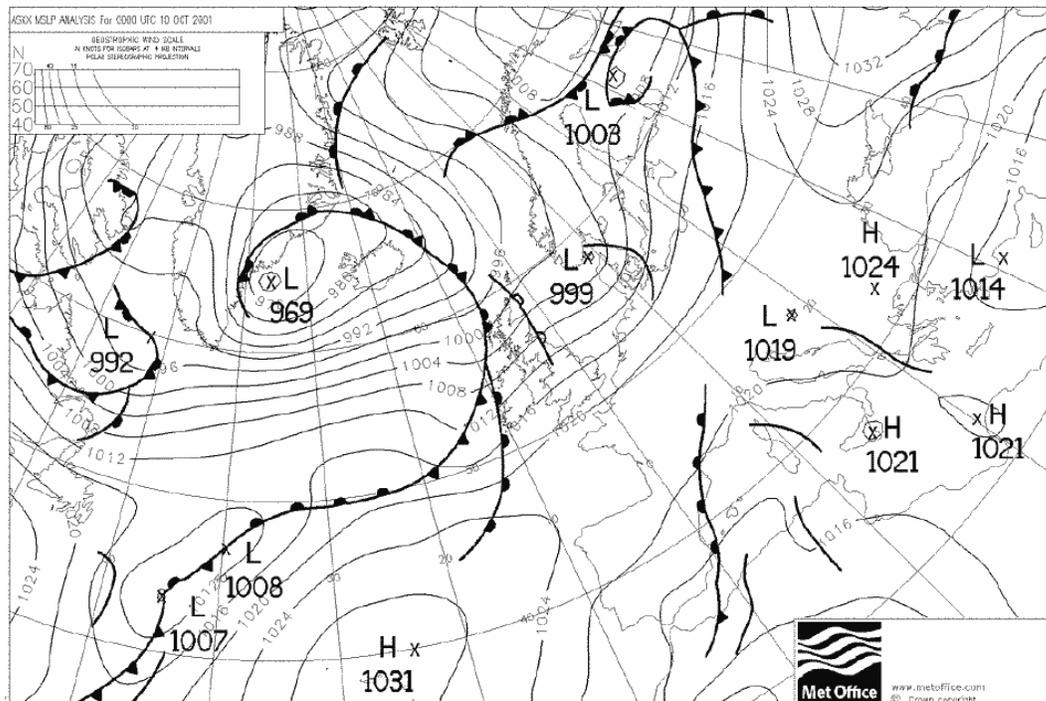


Abbildung 3.17: Wetterkarte vom 10.10.2001

Die Temperaturunterschiede des Wassers haben deutlichen Einfluß auf Den Wärmefluss zwischen Ozean und Atmosphäre. Sowohl Sensibler wie auch latenter Wärmefluß werden durch sie bestimmt.

Auch der Grad der Bewölkung und die damit verbunde solare Einstrahlung hat Einflüsse auf ozeanografische Parameter. So kommt es bei starker solarer Einstrahlung, also bei geringer Bewölkung zu einer Erwärmung des Oberflächenwassers. Starke Bewölkung hingegen läßt weniger kurzwellige Strahlen hindurch, behindert aber auch die langwellige Ausstrahlung.

Comes to you via Top Karten (<http://www.wettersentrale.de/topkarten/>)
Source (TIFF-Files): <ftp://weather.noaa.gov>

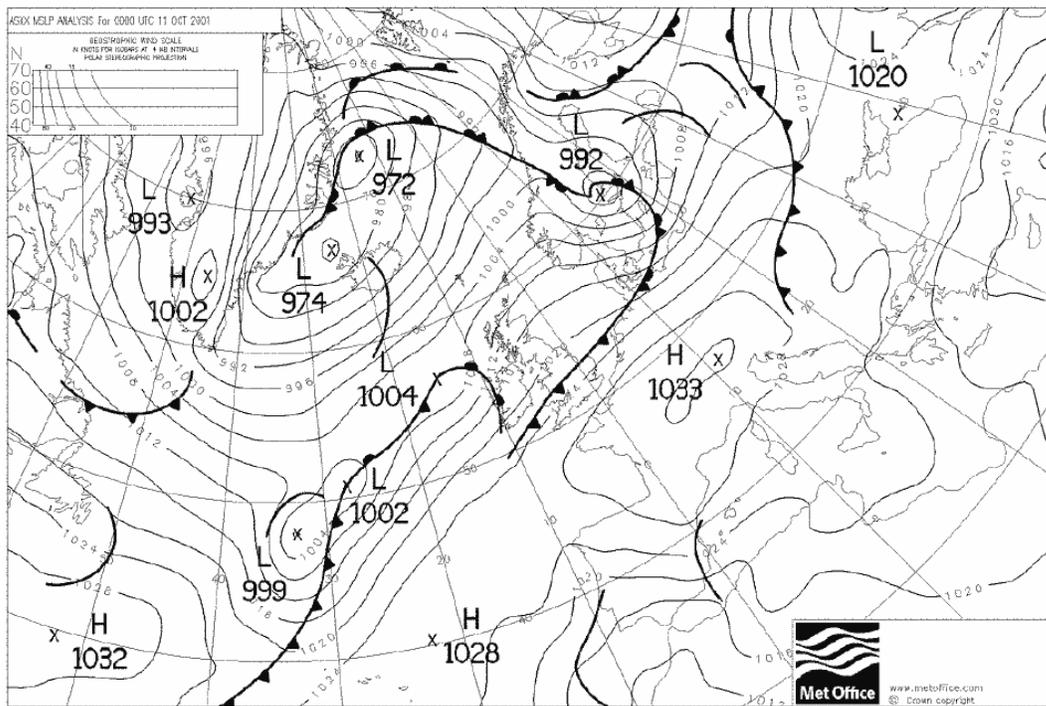


Abbildung 3.18: Wetterkarte vom 11.10.2001

4 Gerätevergleich und Kalibrierung

4.1 Geräte

4.1.1 CTD-Sonde

Mit der CTD-Sonde werden Temperatur und Salzgehalt (über die Leitfähigkeit, Temperatur und Druck) als Funktion des Druckes (bzw. der Tiefe) über die Wassersäule ermittelt. Die Leitfähigkeitssmessung erfolgt mit einer 7-Elektroden-Quarz-Zelle. Die Temperatur wird mittels eines PT 100 Platinwiderstandes (0°C 3D 100 Ω) gemessen. Da die Ansprechzeit der Quarz-Zelle (100 ms) etwas schneller ist als die des Thermometers (160 ms), ergibt sich ein Zeitkonstantenproblem beim Vergleich beider Werte. Bei der Aufzeichnung der Salinität macht sich dieser Effekt durch kleine Datenausreißer bemerkbar. Aufgrund der relativ langen Ansprechzeiten der Meßfühler kann die CTD-Sonde deshalb nur mit einer niedrigen Fier- und Hievgeschwindigkeit gefahren werden. Bei unserer Ausfahrt wurde mit 0.1 - 0.3 m/s gefiert und mit 0.5 m/s gehievt.

Die Meßgenauigkeit der CTD-Sonde liegt für die Temperatur bei $\pm 0.01\text{ K}$ bei einem Meßbereich von -5 bis $+35^{\circ}\text{C}$, und für den Salzgehalt bei $\pm 0.02\text{ mS/cm}$ ($\Leftrightarrow \pm 0.001\text{ psu}$) mit einem Meßbereich von 0 bis 65 mS/cm. Das CTD-Gestell (Rosette) wurde mit Schöpfern incl. Kippthermometern bestückt und in die Tiefe hinuntergelassen. In verschiedenen Tiefen wurde beim Hieven gestoppt und mit den Schöpfern Wasser-Proben entnommen. Die Proben wurden dann hinsichtlich des Salzgehaltes analysiert um den Leitfähigkeitssensor der Sonde kalibrieren zu können.

4.1.2 Thermosalinograph

Das Einsaugrohr des Thermosalinographen auf der Alkor befindet sich in ca. 2 m Tiefe. Ebenso wie bei der CTD-Sonde wird die Temperatur mit einem PT 100 Platinwiderstand und der Salzgehalt mit einer 7-Elektroden-Quarz-Zelle bestimmt. Es wird ständig Wasser am Bug des Schiffes angesaugt und ausgemessen. Parallel zur CTD-Sondenmessung wurden auf den Stationen die Thermosalino-

graphenwerte für Temperatur und Salzgehalt aus der Datadis-Anlage notiert. Auf dem Weg von der Bordwand bis zur Meßeinheit können sich durch Wärmeleitung vom Schiff ins Seewasser die Temperatur geringfügig verändern. Dies gilt kompensierend auch für die Leitfähigkeit des Seewassers, nicht dagegen für den daraus berechneten Salzgehalt, da ja nichts verdunstet.

4.1.3 Pütz

Auf den einzelnen Stationen wurde jeweils an der Oberfläche mit einer Pütz Wasser geschöpft und die Temperatur mit einem Quecksilberthermometer (± 0.1 K) bestimmt. Durch Erwärmung des Wassers direkt an der Oberfläche und durch Ablesefehler wurde die Genauigkeit zusätzlich heruntermgesetzt.

4.1.4 Schöpferrosette

Die durch die Schöpfer genommenen Wasserproben wurden in Glasflaschen gefüllt und nach, einem Tag Standzeit, mit einem Beckmann-Salinometer der Salzgehalt bestimmt. Meßfehler konnten durch vor dem Befüllen nicht richtig gereinigte Flaschen entstehen.

4.1.5 Elektrische Kippthermometer

An den Schöpfern waren in einer Haltevorrichtung elektrische Umkippthermometer (Genauigkeit von ± 0.001 K, Meßbereich -2 bis 30° C) befestigt um überprüfen zu können, ob die Schöpfer in der richtigen Tiefe geschlossen hatten.

4.1.6 Salinometer

Zur Bestimmung des Salzgehaltes der Schöpferproben wurde ein Beckmann RS10 Salinometer verwendet. Über eine Induktionszelle wird die Leitfähigkeit einer Probe bestimmt, der Salzgehalt wird anschließend aus Tabellen ermittelt. Der Einfluß von Temperaturänderungen auf das Meßergebnis wird durch direkte Temperaturmessung in der Zelle kompensiert (± 3 K Toleranz). Die absolute Genauigkeit liegt bei 0.003 psu (Grasshoff et al., 1999). Das Gerät wurde jeden Morgen mit einer definierten Kalibrierlösung kalibriert. Ungenauigkeiten konnten durch unsachgemäßes Befüllen der Meßzelle, Ablesen der Analoganzeigen und Interpolieren der Daten aus den Tabellen entstehen.

4.2 CTD-Kalibrierung

Aufgrund fehlender genauer *in-situ* Referenzmeßmethoden wurde die Laborkalibrierung von Temperatur und Druck als endgültig betrachtet. Die durch Wasserproben und Salinometer bestimmten Salzgehalte erlaubten eine Verbesserung der Kalibrierung des Leitfähigkeitssensors mit einer Korrektur von +0.014 im Salzgehalt auf den CTD-Wert (Abb. 4.1).

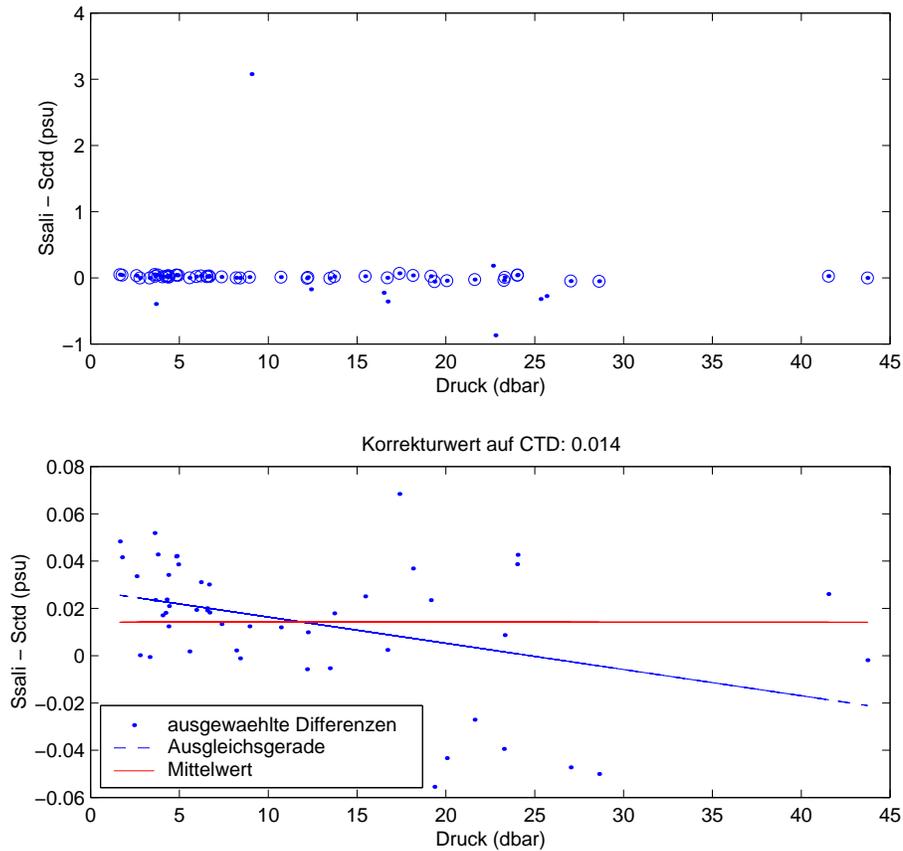


Abbildung 4.1: Salzgehaltsdifferenzen $S_{\text{Sali}} - S_{\text{CTD}}$

In Abb. 3.2 ist trotz der Ungenauigkeit des Quecksilberthermometers die Oberflächenerwärmung im Vergleich zu den CTD-Daten aus 2 m Tiefe deutlich zu erkennen.

In der folgenden Graphik (Abb. 4.2) wird der Wert des Umkippthermometers der obersten Wassereintnahme mit dem CTD-Wert auf 4 m Tiefe verglichen, und es ist zu erkennen, daß der jeweilige Schöpfer überwiegend unterhalb von 4 m ausgelöst wurde.

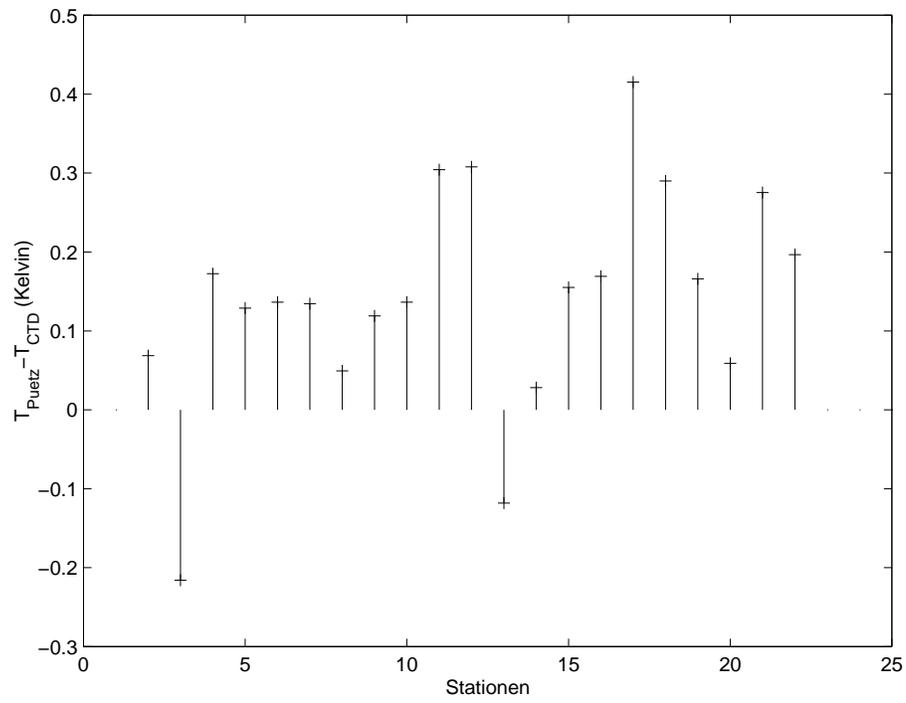


Abbildung 4.2: Temperaturdifferenzen $T_{\text{Puetz}} - T_{\text{CTD}}$

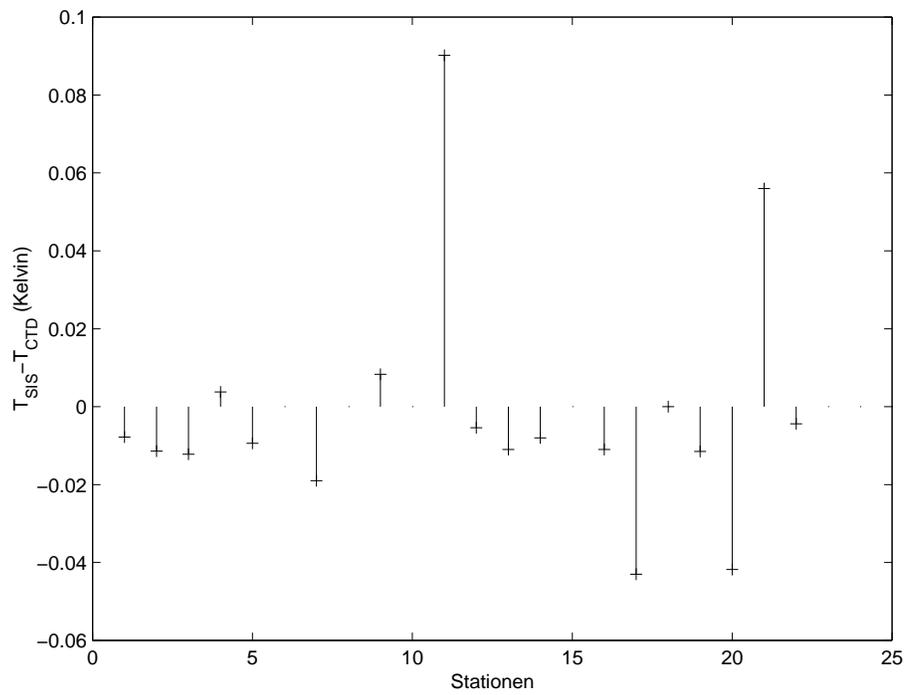


Abbildung 4.3: Temperaturdifferenzen $T_{\text{SIS}} - T_{\text{CTD}}$

4.3 Kalibrierung Thermosalinograph

Die Temperaturwerte des Thermosalinographen werden über die CTD-Daten kalibriert. Es wurden Wasserproben aus dem Thermosalinographen genommen, bei denen mit dem Salinometer der Salzgehalt bestimmt wurde, was eine Kalibrierung der entsprechenden Thermosalinographenwerte erlaubt.

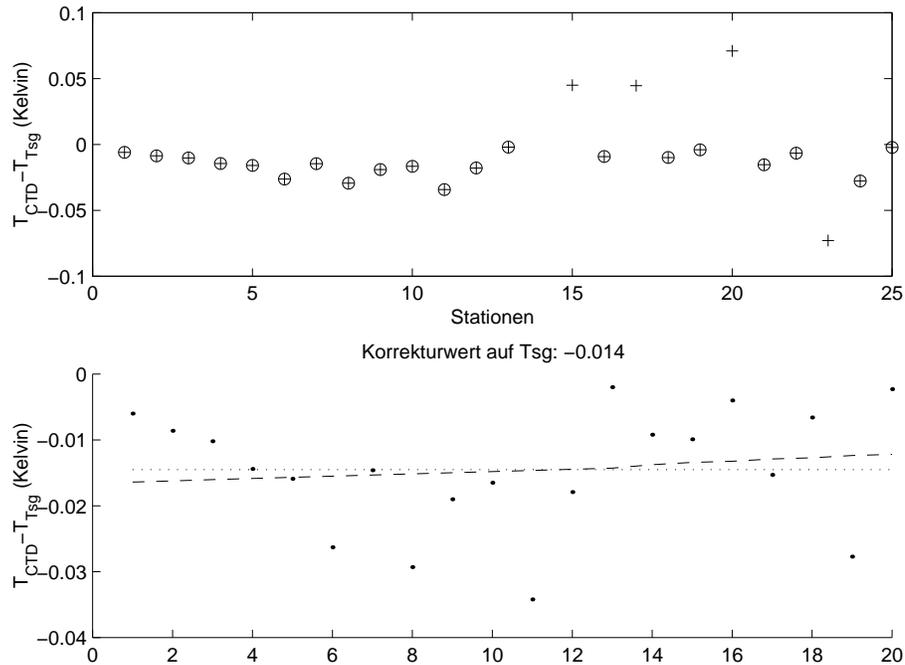


Abbildung 4.4: Temperaturdifferenzen $T_{CTD} - T_{Tsg}$

Der Thermosalinograph zeigte also immer höhere Werte als die CTD-Sonde in 2 m Tiefe (Abb. 4.4). Im folgenden (Abb. 4.5) ist die Kalibrierung des Salzgehaltes aufgezeigt, allerdings ist hier eine zeitliche Tendenz zu bemerken. Es ist möglich, daß evtl. Ablagerungen im Salinographen den Salzgehalt zunächst höher erscheinen lassen und bei längerem Gebrauch sich diese Ablagerungen lösen.

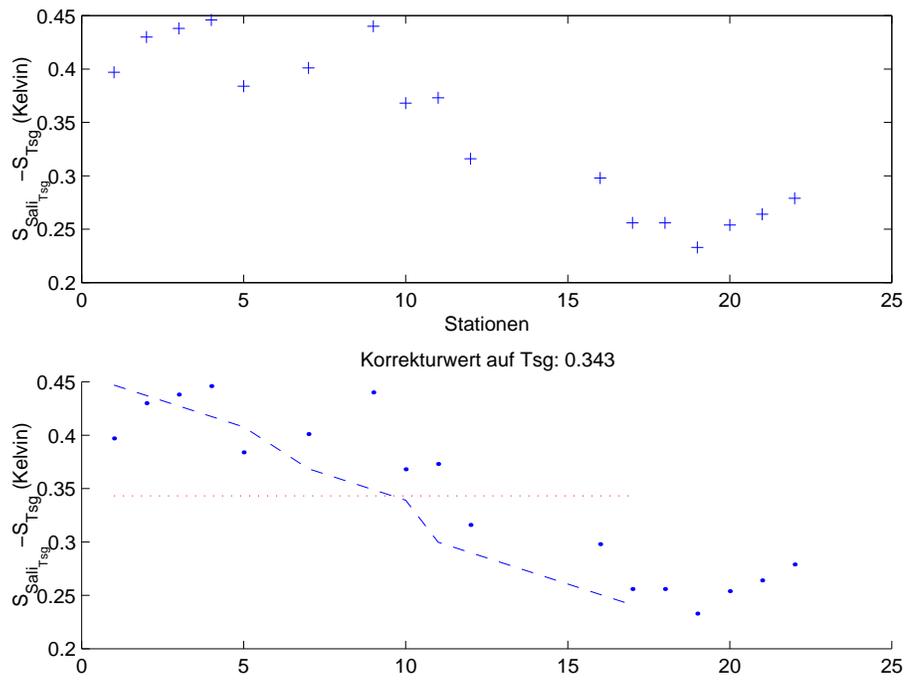


Abbildung 4.5: Salzgehaltsdifferenzen $S_{Sal_{Tsg}} - S_{Tsg}$

5 Hydrographie

5.1 Einleitung

Während der Praktikumsausfahrt mit der FS Alkor vom 8. bis 11. Oktober 2001 wurden ein Querschnitt durch den Fehmarnbelt (Positionen 2-7) und ein Längsschnitt durch die westliche Ostsee (Positionen 4, 8-22,24-25) erstellt. Bei den Stationen wurden folgende Größen gemessen: Druck, Temperatur, Salzgehalt, Chlorophyllkonzentration und Sauerstoffgehalt.

5.2 Salzgehaltsverteilung

An dem CTD-Schnitt durch den Fehmarnbelt (Abb. 5.1) kann man eine stabile Schichtung hinsichtlich des Salzgehaltes erkennen: in der Tiefe befindet sich salzreiches Wasser, das aus der Nordsee eingströmt,

an der Oberfläche salzarmes Wasser. Die Wassermassenverteilung wird auch durch die ADCP-Messung bestätigt. Bei dem Längsschnitt durch die westliche Ostsee (Abb.5.2) kann man sehen, daß salzreiches Nordseewasser mit einem Salzgehalt von 20 psu am Boden in die Ostsee einfließt. Im Arkona-Becken ist die Salzgehaltsverteilung bis hin zu einer Tiefe von etwa 30 Metern annähernd homogen (53D8 psu) und steigt mit der Tiefe noch auf etwa 16.5 psu an. Die Schichtung ist stabil, da das schwere, salzreiche Wasser am Boden ist.

5.3 Temperaturverteilung

Auffällig bei dem Temperaturschnitt (Abb. 5.3) durch den Fehmarnbelt ist die sehr kleine Temperaturdifferenz zwischen Oberflächenwasser und Tiefenwasser von nur 0.5°C. Die Temperaturen variieren zwischen 13.55°C und 14.00°C. Am südlichen Rand des Fehmarnbelts ist ein lokales

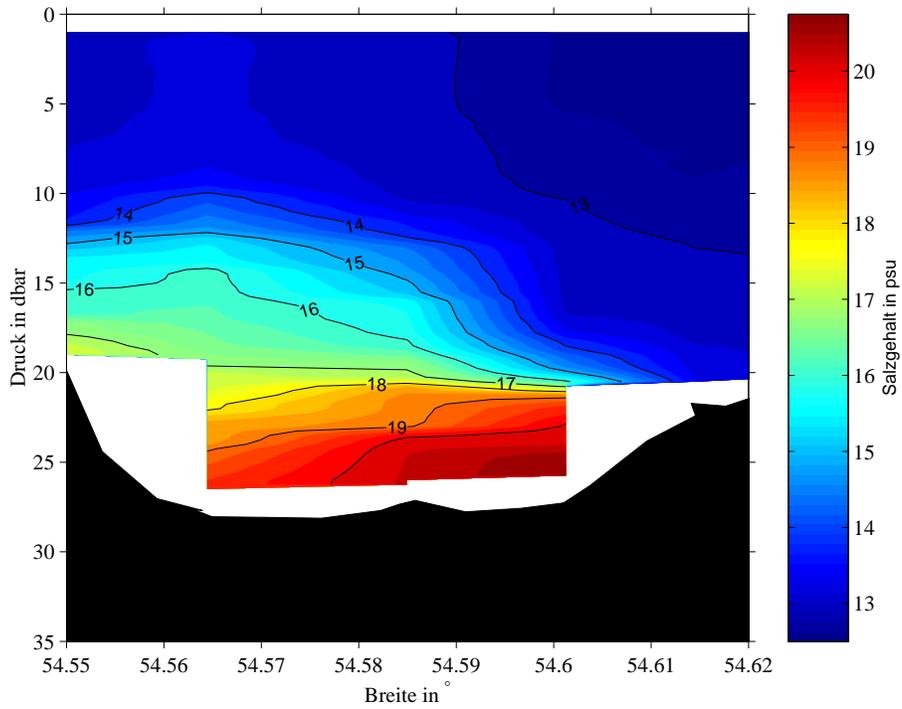


Abbildung 5.1: Salzgehaltsschnitt durch den Fehmarn-Belt vom 8. Oktober 2001

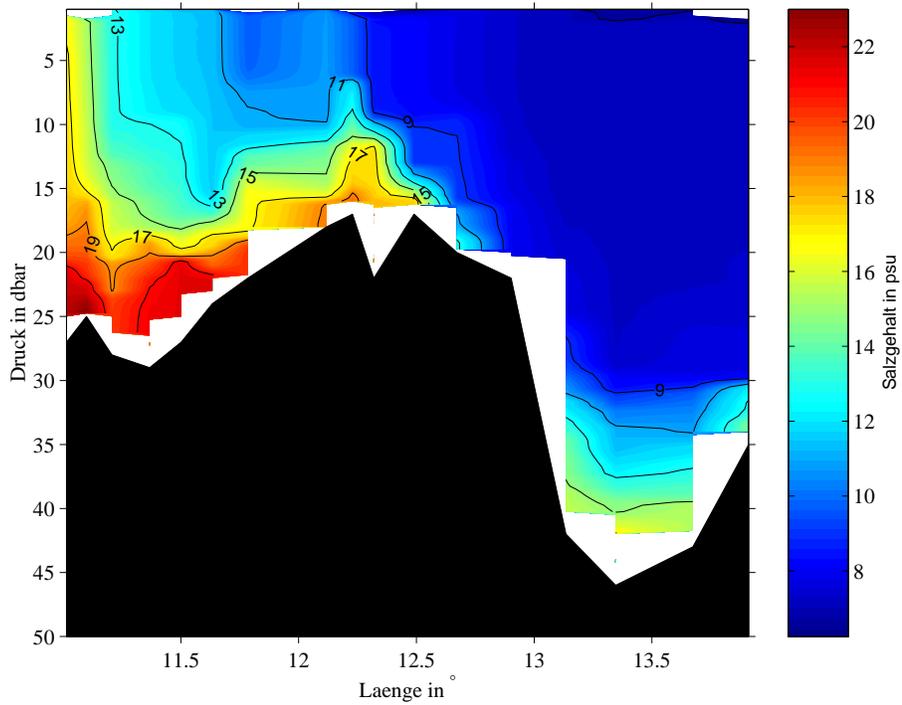


Abbildung 5.2: Salzgehaltsschnitt in West-Ost-Richtung vom 8.-11. Oktober 2001

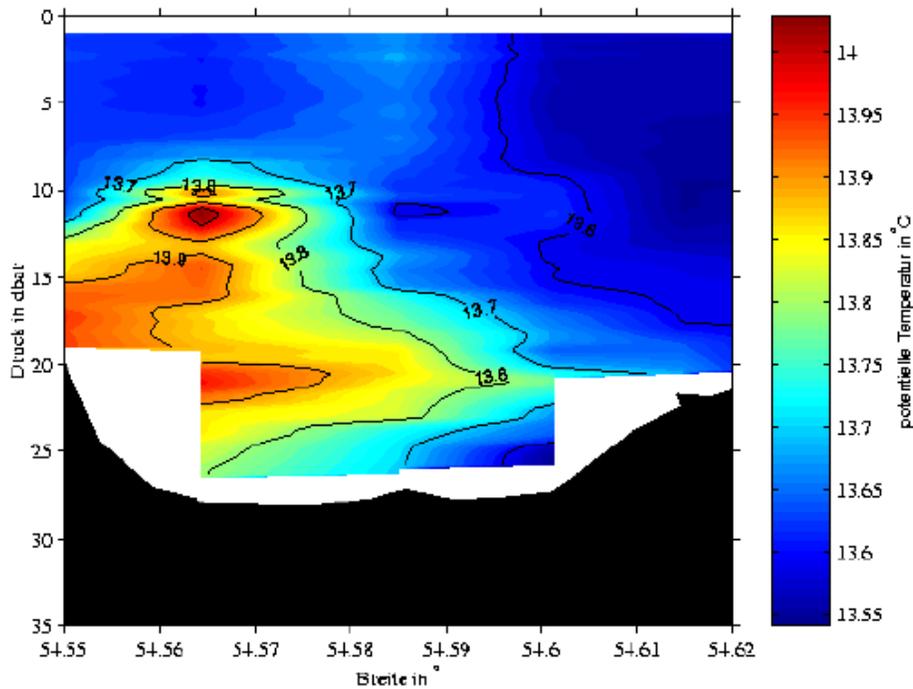


Abbildung 5.3: *Temperaturschnitt durch den Fehmarn-Belt vom 8. Oktober 2001*

5.4 Dichte

Die Dichteverteilung (Abb. 5.5) wird durch die Salzgehaltsverteilung bestimmt und weniger durch die Temperaturverteilung, da diese nur sehr geringe Differenzen aufweist. Die Dichte variiert im Fehmarnbelt zwischen 9 kg/m^3 an der Oberfläche und 15 kg/m^3 in der Tiefe. Der Längsschnitt durch die westliche Ostsee (Abb. 5.6) zeigt bezüglich der Dichte eine stabile Schichtung. Dabei ist im Westen die Dichte größer als im Osten. Dies ist durch den Einfluß von salzarmen und damit leichtem Flußwasser im Osten und dem Einfluß von salzreichem Nordseewasser im Westen zu erklären. Im Osten ist auffällig, daß eine relativ dicke homogene Schicht mit einer Dichte von etwa 5 kg/m^3 zu beobachten ist. Diese Schicht reicht bis zu einer Tiefe von 20 Meter. Das salzreiche

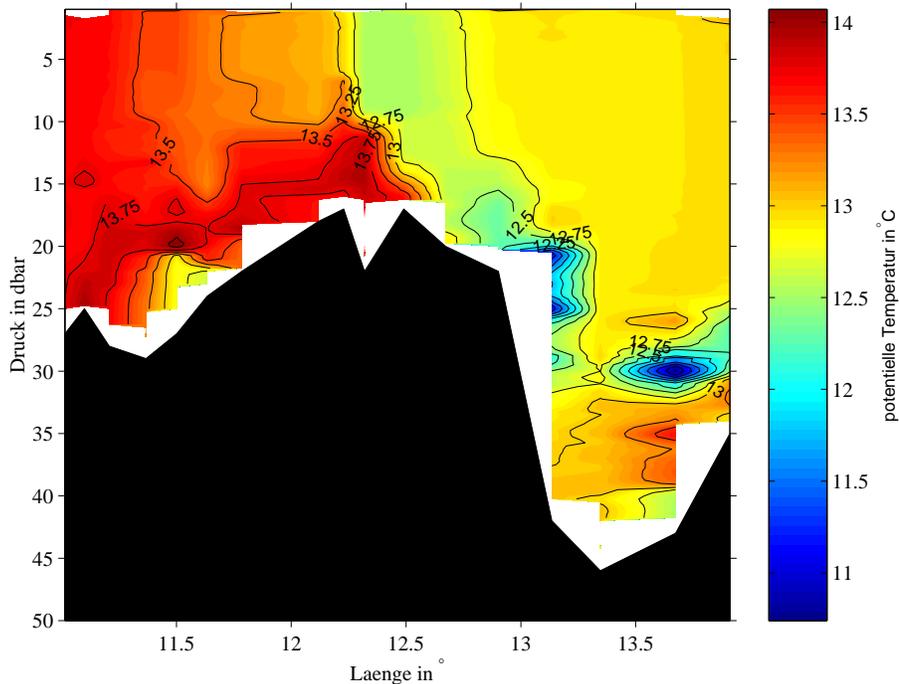


Abbildung 5.4: *Temperaturschnitt in West-Ost-Richtung vom 8.-11.Oktober 2001*

Wasser im Westen kann aufgrund der Bodentopographie nicht über die Darßer Schwelle gelangen, so daß in diesem Bereich die Isopycnen ein großes Gefälle aufweisen.

5.5 Sauerstoffsättigung

Die Sauerstoffsättigung (Abb. 5.7) im Fehmarnbelt liegt an der Oberfläche, wie zu erwarten ist, bei 100 % und in Teilen ist auch eine Übersättigung festzustellen. Es folgt eine homogene Schicht in einer Tiefe von 3 bis 15 Metern mit einer Sauerstoffsättigung von 97.5 %. Bis zum Meeresboden nimmt die Sauerstoffsättigung dann schnell ab und sinkt auf etwa 75 %. Betrachtet man den Längsschnitt (Abb. 5.8) erkennt man eine 'Sauerstofflinse' westlich der Darßer Schwelle mit einer Sauerstoffsättigung von bis zu 110 %. Diese Werte sind ebenso nicht realistisch wie die 100 % ige Sauerstoffsättigung im Arkona-Becken bis hin zu einer Tiefe von 25 m. Die Messungen mit der Sauerstoffsonde weisen Fehler auf, da der Sensor sehr träge ist und somit die gemessenen Werte hinter den eigentlich vorhandenen Werten zurückliegen. Außerdem können durch die Glättung der Daten bei der Auswertung Fehler entstehen.

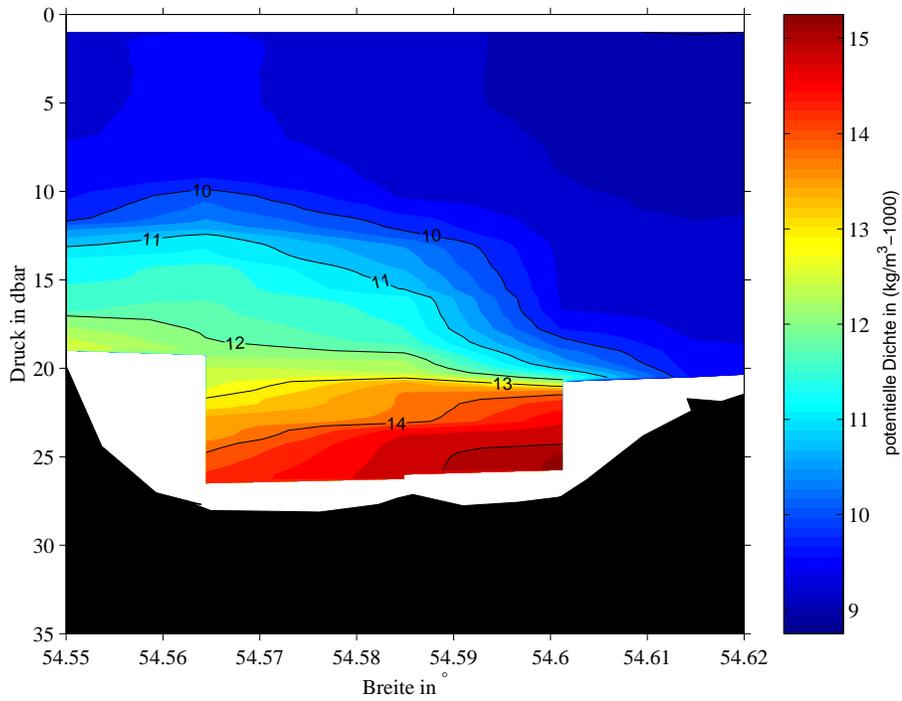


Abbildung 5.5: Dichteschnitt durch den Fehmarn-Belt vom 8. Oktober 2001

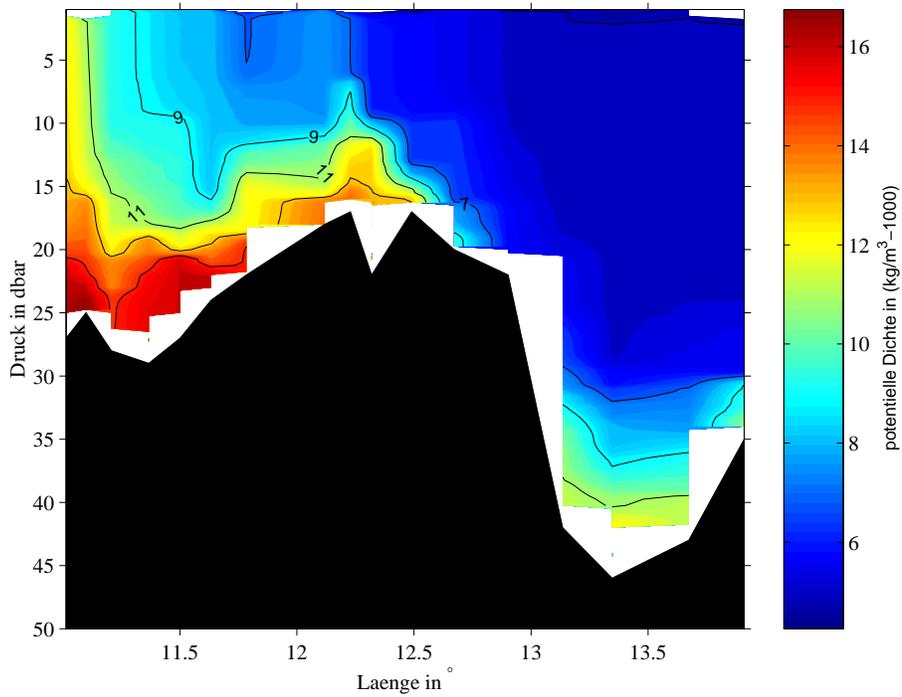


Abbildung 5.6: Dichteschnitt in West-Ost-Richtung vom 8.-11. Oktober 2001

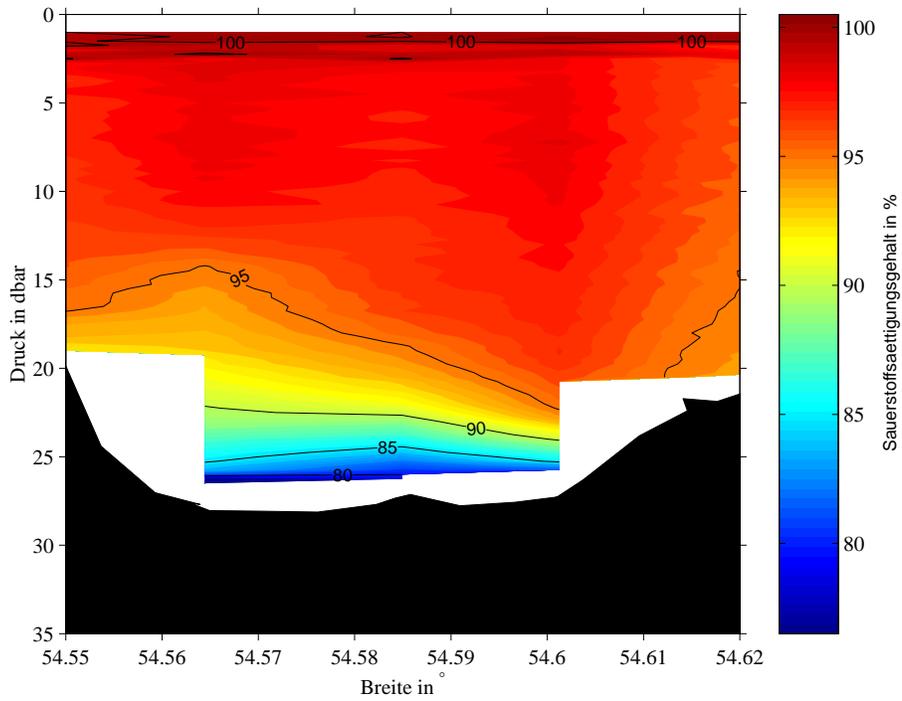


Abbildung 5.7: Sauerstoffsättigungsschnitt durch den Fehmarn-Belt vom 8.Oktober 2001

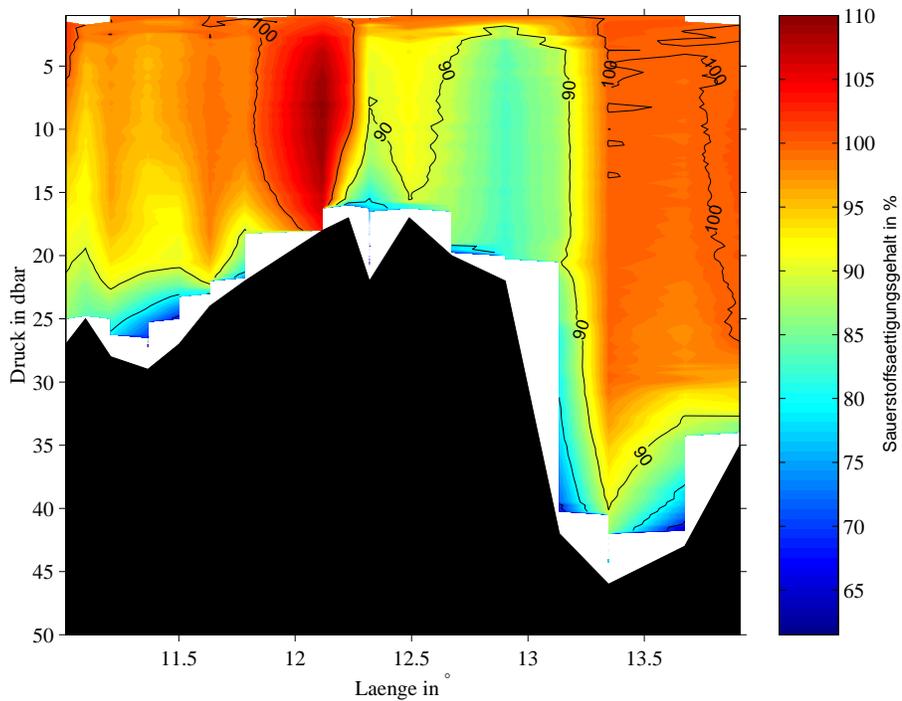


Abbildung 5.8: Sauerstoffsättigungsschnitt in West-Ost-Richtung vom 8.-11.Oktober 2001

5.6 Chlorophyllgehalt

Allgemein sind die Chlorophyllwerte, die ein Maß für die Phytoplanktonkonzentration darstellen, im nördlichen Teil des Fehmarnbelt größer als am südlichen Rand (Abb. 5.9). Dies ist die Folge des südlichen Windes an dem Tag der Messung. Das Phytoplankton wird durch den Wind nach Norden gebracht, so daß im Süden das chlorophyllarme Wasser an die Oberfläche strömt. Dadurch entsteht eine diagonale Grenzschrift. Der Längsschnitt (Abb. 5.10) weißt im Bereich des Fehmarnbelts die größten Chlorophyllwerte auf, die auf eine lokale Algenblüte im Sommer zurückzuführen sind. Wie zu erwarten ist, findet sich am Grund des Arkonabeckens Wasser mit sehr geringem Chlorophyllgehalt. Dies kann man durch die Abnahme der Lichtintensität mit der Tiefe begründen.

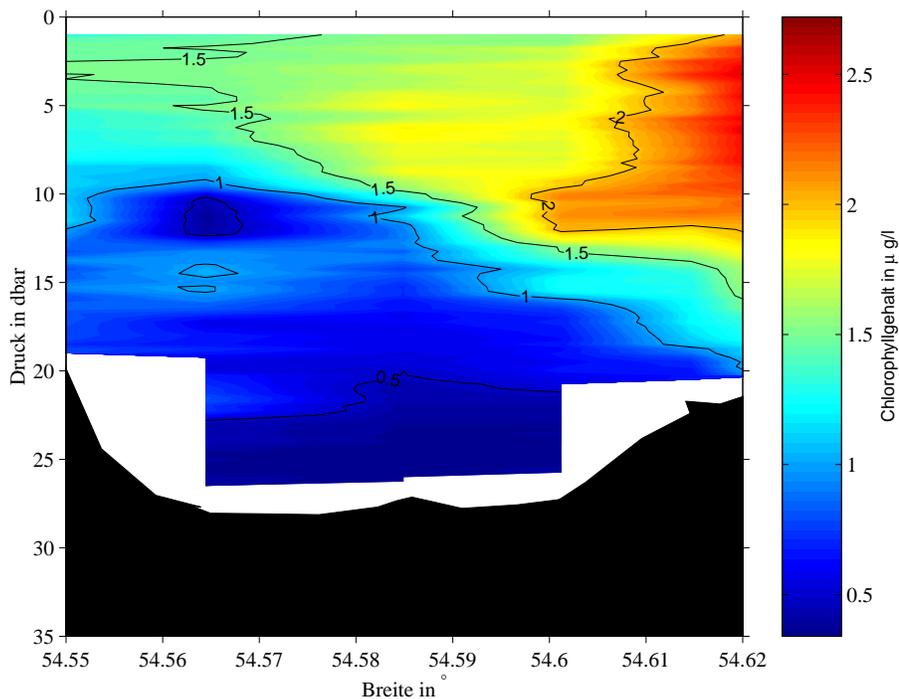


Abbildung 5.9: Chlorophyllgehaltsschnitt durch den Fehmarn-Belt vom 8. Oktober 2001

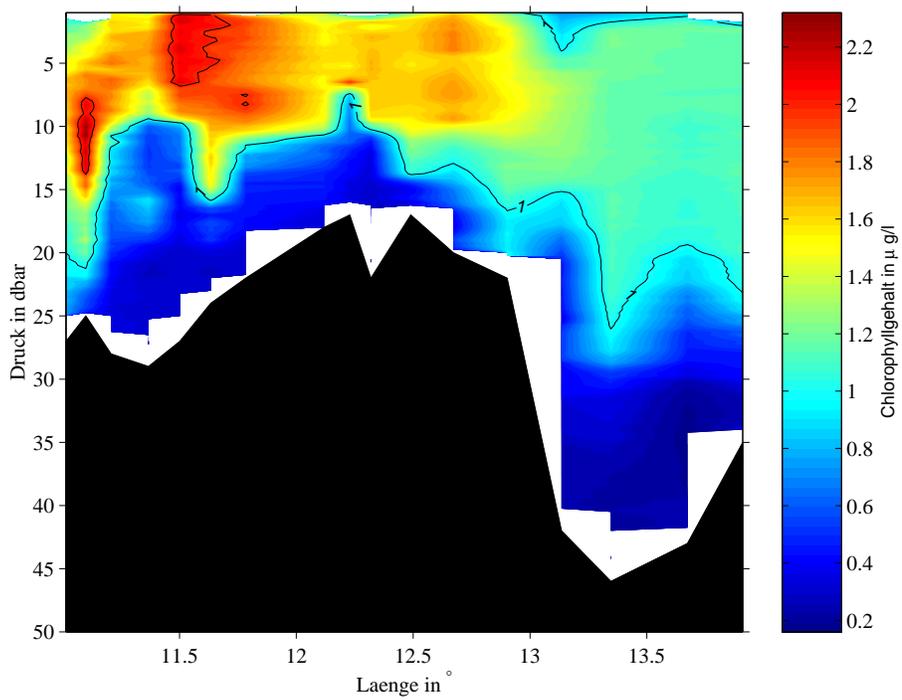


Abbildung 5.10: Chlorophyllgehaltsschnitt in West-Ost-Richtung vom 8.-11. Oktober 2001

6 Die Strömungsverteilung nach ADCP-Messungen

6.1 Einleitung

Im Laufe der Praktikumsausfahrt vom 8.10-11.10.2001 wurden mit einem 300 kHz VM-ADCP Strömungsprofile aufgezeichnet. Zunächst wurde ein Schnitt entlang des Fehmarnbelts gefahren (Profile 1-7) und die Verankerung V399.5 (Profilnummer 8) aufgenommen. Profile 9-19 wurden entlang der Fahrtroute nach Sassnitz gefahren. Auf der Rückfahrt wurde der zweite Fehmarnbelt-schnitt erstellt. Die Datenaufzeichnung erfolgt aufgrund der Einbautiefe des ADCP's von 5 m erst ab dieser Wassertiefe. Durch vom Boden hervorgerufene Signalstörungen sind auch die Daten der bodennahen Wasserschichten für Strömungsprofile unbrauchbar.

6.2 Fehmarnbeltschnitt vom 8.10.2001

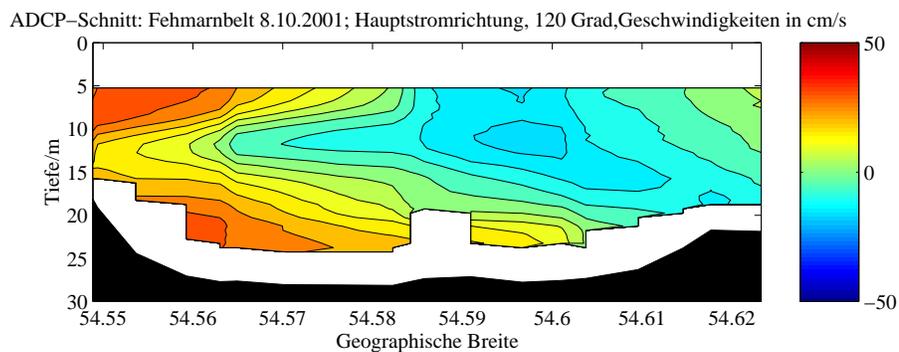


Abbildung 6.1:

Auf dem Querschnitt vom 8.10.2001 ist vor Fehmarn in die Ostsee einströmendes Wasser zu erkennen. Der Hauptstrom fließt jedoch aus der Ostsee heraus. Diese Aufteilung trifft auch auf die

oberflächennahen Strömungen zu. Das Vorhersagemodell des BSH berechnet für die Schicht von 0 m bis 8 m Tiefe einen Ausstrom über die ganze Breite des Belts 6.4. Auch die Daten der Verankerung belegen, dass am 8.10.2001 und den Tagen zuvor im südlichen Teil des Belts in 26 m Tiefe ein Einfluss zu verzeichnen ist. Die Strömungsverteilung mit Einfluss im Süden und Ausfluss im Norden ist auf die Corioliskraft zurückzuführen, die sich bewegende Wassermassen auf der Nordhalbkugel nach rechts ablenkt.

6.3 Fehmarnbeltschnitt vom 11.10.2001

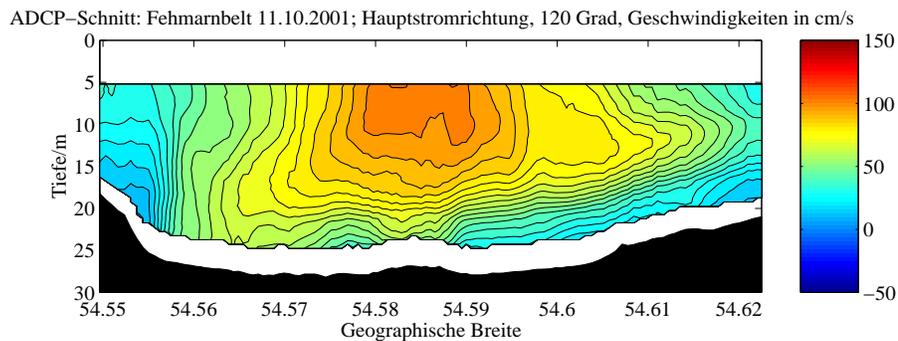


Abbildung 6.2:

Am 11.10.2001 ist ein starker Einstrom ueber die gesamte Breite des Belts zu erkennen. Dies lässt sich im Zusammenhang mit dem plötzlich eintretenden starken Westwind am 10.10.2001 erklären. Das Wasser staute sich am östlichen Becken der Ostsee auf. Es entstand so ein Druckgradient in westlicher Richtung. Der Wind liess gleich am folgenden Tag entscheidend nach, so dass das Wasser entlang des Druckgradienten nach Westen floss und damit durch den Fehmarnbelt aus der Ostsee heraus. Durch die Kürze des Ereignisses ist im Belt keine signifikante Ablenkung der Wassermassen durch die Corioliskraft zu sehen. Dies deckt sich auch mit den berechneten Oberflächenströmungen des BSH-Modells 6.6.

6.4 Längsschnitt vom 8-9.10.2001

Dieser ADCP-Schnitt läuft in Ost-West-Richtung und umfasst die Profile 9-19. Westlich der Darsser Schwelle, sowie im Fehmarnbelt wiess die Strömung quer zur Fahrtrichtung eine nördliche Komponente auf. Die Strömungsgeschwindigkeiten erreichen bis zu 50 *cm/s*. Östlich der Darsser Schwelle ist der Fluss quer zur Fahrtrichtung teilweise schneller und hat südliche Komponenten. Eine solche Strömungsverteilung wird auch in dem berechneten BSH-Modell angedeutet 6.4 6.5.

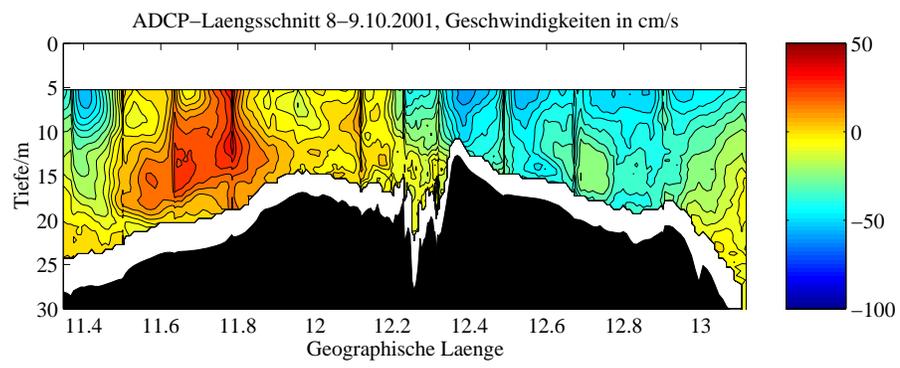
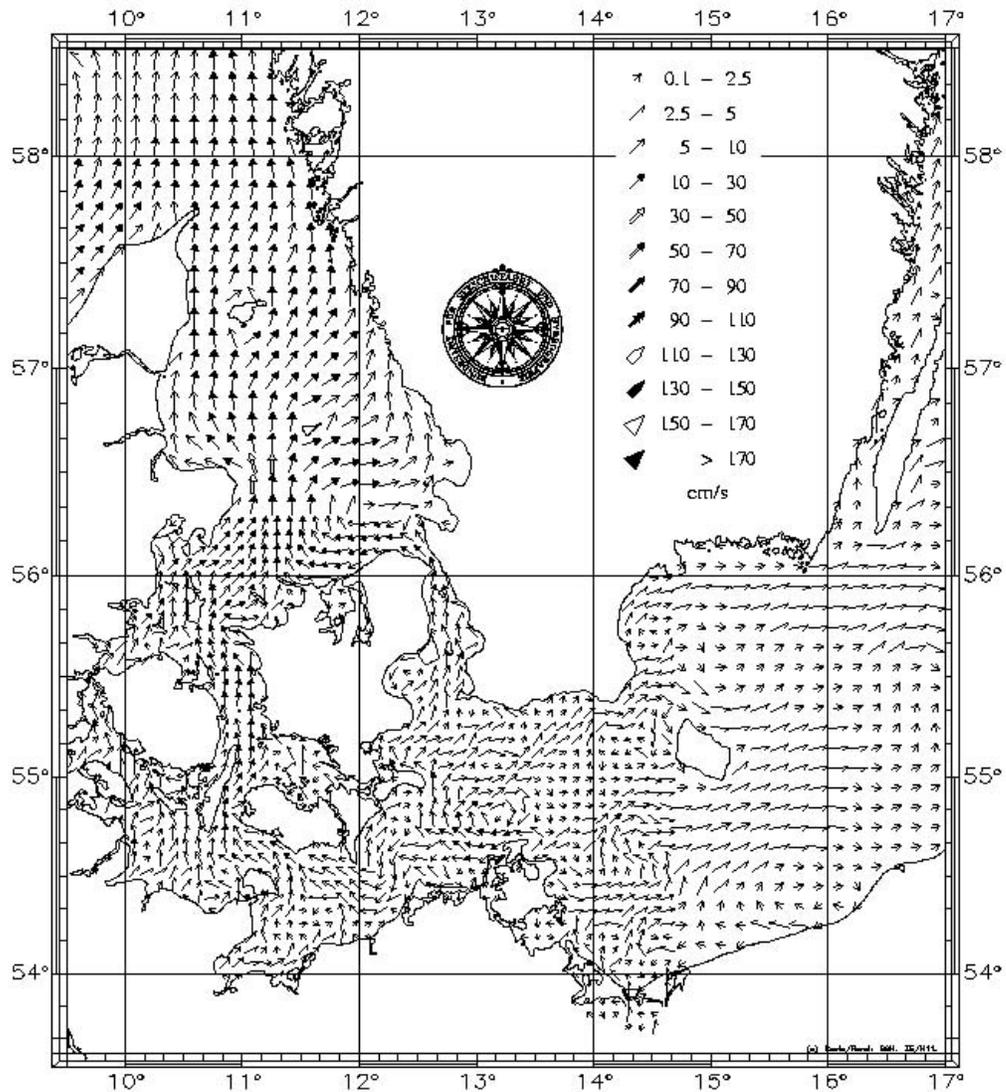


Abbildung 6.3:



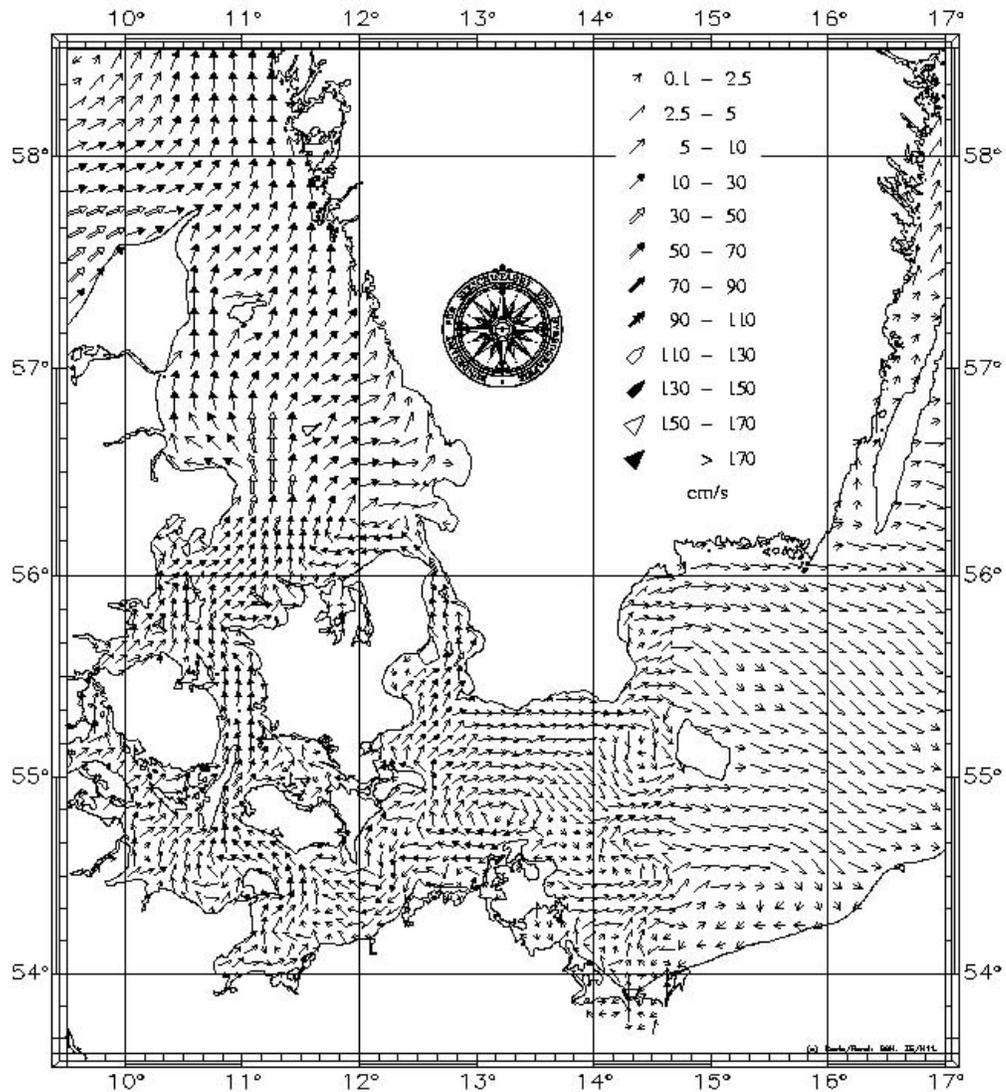
Mittlere Strömung am 8.10.2001 1. Schicht (0-8m)

Mean Current on 8.10.2001 1. Layer (0-8m)

Das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie übernimmt für die hier wiedergegebenen Informationen keine Gewähr.

BSH/N 1401/08 10 2001.04.02.23

Abbildung 6.4:



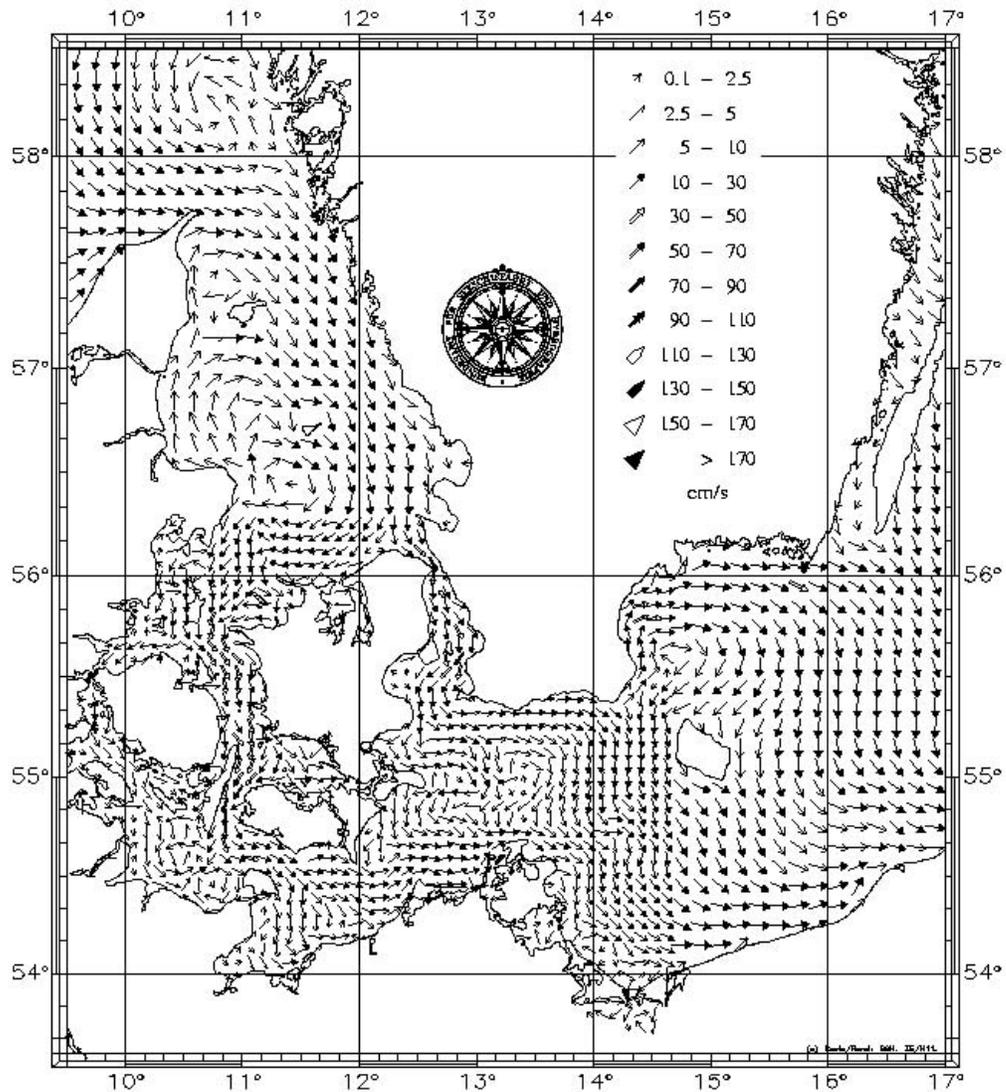
Mittlere Strömung am 9.10.2001 1. Schicht (0-8m)

Mean Current on 9.10.2001 1. Layer (0-8m)

Das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie übernimmt für die hier wiedergegebenen Informationen keine Gewähr.

BSH/1401/08/10 2001.04.02.07

Abbildung 6.5:



Mittlere Strömung am 11.10.2001 1. Schicht (0–8m)

Mean Current on 11.10.2001 1. Layer (0–8m)

Das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie übernimmt für die hier wiedergegebenen Informationen keine Gewähr.

BSH/11.10.11.10.2001.04.00.25

Abbildung 6.6: