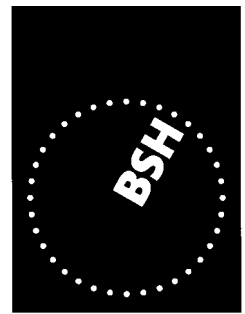


**Die Eiswinter 1999/2000 bis 2003/2004
an der deutschen Nord- und
Ostseeküste**

**Ice Conditions in the Szczecin Lagoon
and Pomeranian Bay During the
Winters 1999 - 2002**



BUNDESAMT FÜR
SEESCHIFFFAHRT
UND
HYDROGRAPHIE

**Die Eiswinter 1999/2000 bis 2003/2004
an der deutschen Nord- und Ostseeküste
Ice Conditions in the Szczecin Lagoon
and Pomeranian Bay
During the Winters 1999–2002**

Autoren:

Natalija Schmelzer, BSH

Klaus Strübing, BSH

Ida Stanisławczyk, IMGW

Marzenna Sztobryn, IMGW

**Berichte des
Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie
Nr. 37/2004**

In der Reihe „Berichte des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie“ werden Themen mit Dokumentationscharakter aus allen Bereichen des BSH veröffentlicht. Durch die Publikation nimmt das BSH zu den Inhalten der Beiträge keine Stellung. Die Veröffentlichungen in dieser Berichtsreihe erscheinen nach Bedarf.

Beschreibung der Eiswinter im Internet:

www.bsh.de (Menü: Produkte → Bücher → [Berichte des BSH](#))

© Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)
Hamburg und Rostock 2004
www.bsh.de

ISSN-Nr. 0946-6010

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieses Werkes darf ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des BSH reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung Summary	5
1 Der Eiswinter 1999/2000 an den deutschen Nord- und Ostseeküsten The Ice Winter of 1999/2000 on the German North Sea and Baltic Sea Coasts <i>N. Schmelzer und K. Strübing</i>	9
2 Der Eiswinter 2000/01 an den deutschen Nord- und Ostseeküsten The Ice Winter of 2000/01 on the German North Sea and Baltic Sea Coasts <i>N. Schmelzer und K. Strübing</i>	15
3 Der Eiswinter 2001/02 an den deutschen Nord- und Ostseeküsten The Ice Winter of 2001/02 on the German North Sea and Baltic Sea Coasts <i>N. Schmelzer und K. Strübing</i>	23
4 Der Eiswinter 2002/03 an den deutschen Nord- und Ostseeküsten The Ice Winter of 2002/03 on the German North Sea and Baltic Sea Coasts <i>N. Schmelzer und K. Strübing</i>	33
5 Der Eiswinter 2003/04 an den deutschen Nord- und Ostseeküsten The Ice Winter of 2003/04 on the German North Sea and Baltic Sea Coasts <i>N. Schmelzer</i>	51
6 Ice Conditions in the Szczecin Lagoon and Pomeranian Bay During the Winter 1999/2000 <i>N. Schmelzer, I. Stanisławczyk, M. Sztobryn</i>	65
7 Ice Conditions in the Szczecin Lagoon and Pomeranian Bay During the Winter 2000/2001 <i>N. Schmelzer, I. Stanisławczyk, M. Sztobryn</i>	71
8 Ice Conditions in the Szczecin Lagoon and Pomeranian Bay During the Winter 2001/2002 <i>N. Schmelzer, I. Stanisławczyk, M. Sztobryn</i>	77
9 Ice growth in Szczecin Lagoon <i>N. Schmelzer</i>	83
10 Literatur / References	91
11 Abbildungsverzeichnis / Figure Index	93
12 Tabellenverzeichnis / Table Index	99
13 Abkürzungen / Acronyms	100
14 Begriffe	101
15 Definitions	103
16 Danksagung / Acknowledgement	105
17 Autoren / Authors	105

Zusammenfassung

In Deutschland werden seit über 100 Jahren (seit dem Winter 1896/97) regelmäßige Eisbeobachtungen durchgeführt. An der Küste der Nordsee (inkl. Nord-Ostsee-Kanal) gibt es zur Zeit 55 Beobachtungsstationen, an der Ostseeküste 78 Stationen. Bis zu 80 Eisbeobachter melden im Winter täglich in verschlüsselter Form Informationen über die aktuelle Eislage und die Schifffahrtsverhältnisse in ihren Revieren an den Eisdienst. Diese Meldungen werden aktuell in Eisberichte und Eiskarten eingearbeitet. Die aufbereiteten Daten werden in einer Datenbank gespeichert und bilden unter anderem die Grundlage für eisklimatologische Untersuchungen.

Seit dem Winter 1899/1900 werden regelmäßig die Beschreibungen der Eiswinter an den deutschen Küsten veröffentlicht. Die einheitliche Bearbeitung der Eisbeobachtungen erlaubt den Vergleich der Eisverhältnisse sowohl in den verschiedenen Jahren als auch in den verschiedenen Küstenabschnitten und Häfen. Dieses Vorgehen führt zu einer besseren Kenntnis des hydrographischen Charakters der deutschen Küsten, was für alle wirtschaftlichen Zweige der Küstenregion und für die Küstenbevölkerung von großer Bedeutung ist. Außerdem geben die langjährigen Reihen aus systematischen Beobachtungen an einer Vielzahl von Küstenstationen wertvolle Aufschlüsse über eventuelle periodische Schwankungen oder Veränderungen des Eisvorkommens.

Im vorliegenden Bericht werden die letzten fünf Eiswinter von 1999/2000 bis 2003/04 beschrieben. Eine etwas ausführlichere Beschreibung der Eiswinter erfolgt für die deutsch-polnischen Grenzgebiete, das Stettiner Haff und die Pommersche Bucht. Diese Arbeiten sind im Rahmen des Vertrages zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der Republik Polen über die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Wasserwirtschaft an den Grenzgewässern (Arbeitsgruppe W1) entstanden. Ferner werden die Ergebnisse der eisklimatologischen Untersuchungen, die zu Verbesserung des operativen Eisdienstes führen, überprüft und gegebenenfalls modifiziert.

Die Eiswinter an den deutschen Küsten werden nach dem Wert der *flächenbezogenen Eisvolumensumme* (V_{AS}), einer Maßzahl für die Bewertung des Winters in Hinblick auf den Umfang und die Stärke der Eisbedeckung sowie auf die Dauer des Eisvorkommens (Kosłowski, 1989), klassifiziert. So gab es im Zeitraum von 1896/97 bis 1998/99 40 milde, 40 mäßige, 11 starke, 8 sehr starke und 4 extrem starke Eiswinter. In den fünf letzten Jahren war der Eiswinter 2002/03 mäßig, die Winter 1999/2000, 2000/01, 2001/02 und 2003/04 waren mild. Damit setzte sich die 1998 eingetretene Phase vorwiegend "eisarmer" Winter fort. Ähnliche Phasen von ungefähr gleicher Dauer traten auch in den 1930-er und 1990-er Jahren auf. Ihnen folgten dann sehr starke bis extrem starke Eiswinter.

Die Intensität und Dauer von Perioden tiefer Temperaturen (der Winterkälte) wird in der Meteorologie durch die Winterzahl (W_z) ausgedrückt. Unter bestimmten Voraussetzungen ist die flächenbezogene Eisvolumensumme mit der Winterzahl sehr eng verbunden. Der empirisch gefundene Zusammenhang zwischen V_{AS} und W_z basiert auf den Werten der Zeitreihe 1897 bis 1987. Die Analyse der auf diesen Zeitraum folgenden Winter bestätigte, dass die Stärke des Eiswinters, ausgedrückt durch V_{AS} , und sein meteorologischer Charakter, ausgedrückt durch die modifizierte Winterzahl (W_z), in einer sehr guten Übereinstimmung sind.

Die kleineren abgeschlossenen Küstengewässer eignen sich sehr gut für die Untersuchung des Verhaltens einzelner Eisparameter und insbesondere der Eisdicken. In einer früheren Arbeit (Schmelzer et al., 1999) wurden die Regressionsgleichungen beschrieben, die das Eiswachstum im Stettiner Haff bestimmen. Die gefundenen Abhängigkeiten basieren auf den Daten aus den Wintern 1961-1990. Die Untersuchung der Veränderlichkeit des Eiswinterverhaltens im Stettiner Haff in den letzten Jahren zeigt eine leichte Tendenz zur Abnahme der im Höchststand der Eisentwicklung erreichten maximalen Eisdicken. Diese Aussage ist auf die Zunahme der eisarmen Winter in den letzten 20 Jahren zurückzuführen. Die maximalen Eisdicken, gemessen in mäßigen oder in starken bis sehr starken Eiswintern, erreichen heute gleiche Werte wie im Bezugszeitraum.

Durch die Analyse des Eisparameters 'Anzahl der Tage mit Eis' werden bestimmte Entwicklungen im Eisverhalten sichtbar: Im November tritt das Eis im Stettiner Haff selten auf, aber für die letzten 20 Jahre zeigte sich eine leicht steigende Tendenz. Im Dezember wird im Mittel eine gleiche Anzahl der Tage mit Eis gezählt wie in den Jahren 1961-1990. In den Wintermonaten Januar, Februar und bis Mitte März ist die Wahrscheinlichkeit des Eisauftretens im Stettiner Haff sehr groß, aber im Vergleich zu dem Bezugszeitraum ist für die letzten 20 Jahre ein deutlicher negativer Trend zu beobachten. Die Parallelen in den Trendentwicklungen der Lufttemperatur und des Eisparameters 'Anzahl der Tage mit Eis' zeigen noch einmal deutlich, dass die Eisbildung und Eisentwicklung in kleineren und ruhigen Gewässern in erster Linie von der Lufttemperatur abhängt. Andere Faktoren spielen hier eine untergeordnete Rolle.

Trotz der steigenden Tendenz in der Lufttemperatur gab es in den letzten 20 Jahren keinen Winter, in dem das Stettiner Haff vollkommen eisfrei blieb.

Summary

In Germany, ice observations have been performed routinely for over 100 years now (since the winter of 1896/97). The North Sea coast (including Kiel Canal) presently has 55 observation stations, and the Baltic Sea coast 78 stations. Up to 80 ice observers provide daily coded reports to the Ice Service which contain details of the ice situation and navigating conditions in their areas of responsibility. The data received are used in preparing daily ice reports and ice maps and are evaluated in ice climatological studies.

Descriptions of the ice winters on the German coasts have been published routinely since the winter of 1899/1900. Due to uniform processing of the observation data, it is possible to compare ice conditions in different years as well as in individual coastal sections and harbours. This method has led to a better understanding of the hydrographic characteristics of the German coasts, which is highly important for all branches of industry in the coastal regions and for the coastal population. The long-term series of systematic observations at a large number of coastal stations also provide an insight into possible periodic fluctuations or changes of ice occurrence on the coasts.

This report presents descriptions of the past five ice winters from 1999/2000 to 2003/04. A slightly more detailed description is provided of ice winters in the German/Polish boundary waters, Stettiner Haff, and Pomeranian Bight. This part of present work has been carried out within the framework of the treaty between the Federal Republic of Germany and the Republic of Poland (working group W1). The results of the ice climatological studies, which are aimed at improving the operative Ice Service, are reviewed and modified where necessary.

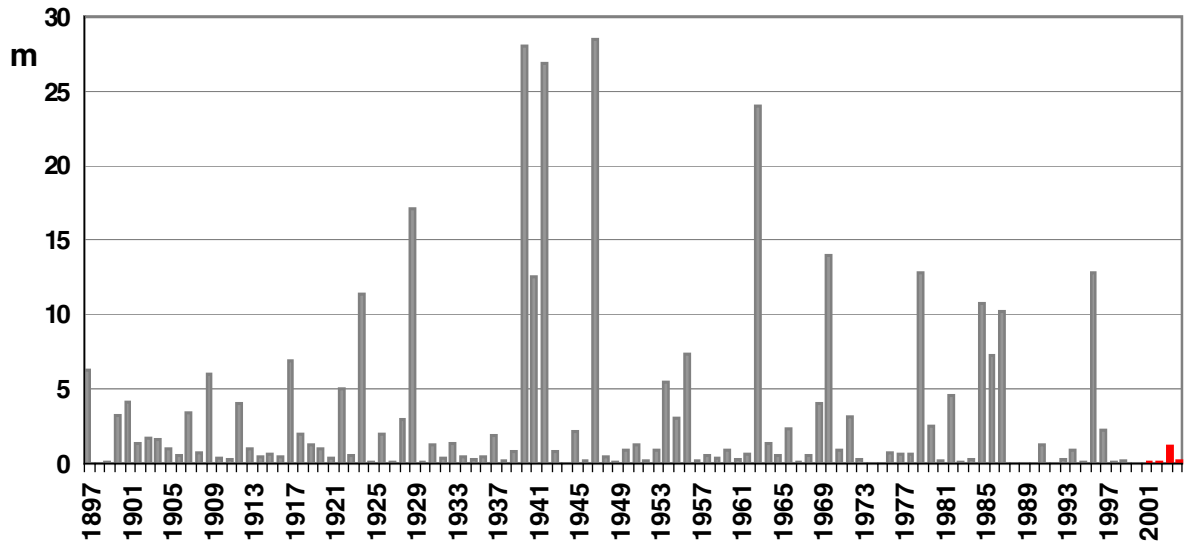
Ice winters on the German coasts are classified on the basis of the accumulated areal ice volume ($V_{A\Sigma}$), which is computed on the basis of the size and thickness of the ice cover as well as the duration of ice occurrence (Kosłowski, 1989). In the period from 1896/97 to 1998/99, 40 ice winters were classified as mild, 40 as moderate, 11 as severe, 8 as very severe, and 4 as extremely severe. As regards the past five years, the ice winter of 2002/03 was moderate, and the winters of 1999/2000, 2000/01, 2001/02, and 2003/04 were mild, continuing the phase of predominantly „ice-poor“ winters which began in 1998. Similar phases of about equal duration occurred also in the 1930s and 1990s, which were followed by very strong to extremely strong ice winters.

The intensity and duration of low-temperature periods in winter is expressed by the „Winterzahl“ (W_Z) used in meteorology. Under certain conditions, the accumulated areal ice volume is closely correlated to the Winterzahl (W_Z^*). The empirically determined relation between $V_{A\Sigma}$ and W_Z^* is based on the time series from 1897 to 1987. An analysis of the winters following this period confirms that the severity of an ice winter, expressed by $V_{A\Sigma}$, and its meteorological character, expressed by W_Z^* , correlate very well.

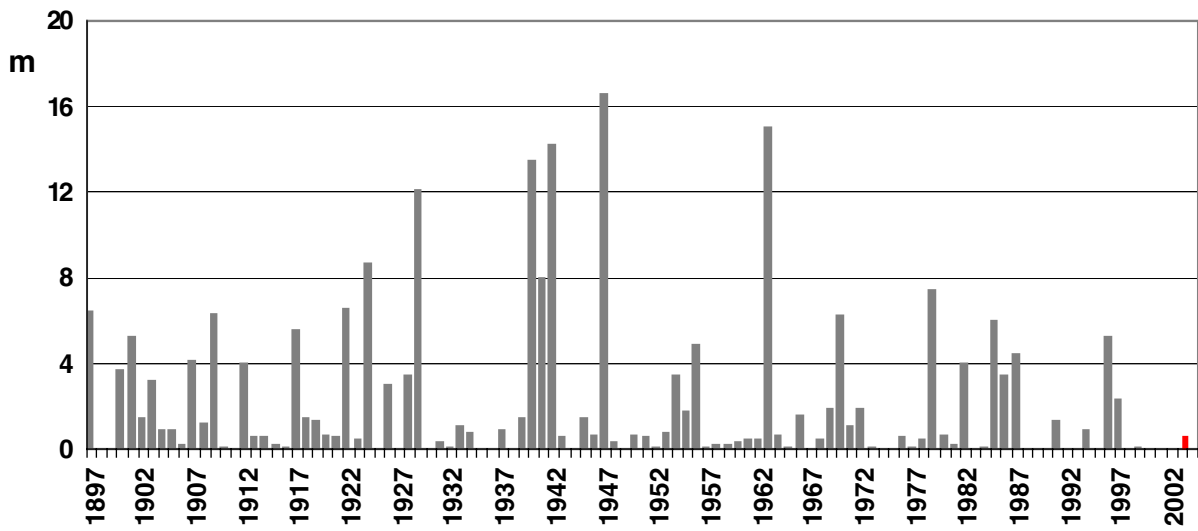
The smaller, land-locked coastal waters are very well suited for studying the behaviour of individual ice parameters, and particularly ice thicknesses. In an earlier paper (Schmelzer et al., 1999), the regression equations influencing the growth of ice in the Stettiner Haff have been described. The dependencies found are based on data from the years 1961-1990. An analysis of the variability of ice winter characteristics in the Stettiner Haff during the past years has shown that there is a slight tendency toward decreasing ice thickness at the maximum of ice development. This is due to the increase in mild winters ice during the past 20 years. The maximum ice thicknesses measured in moderate or severe to very severe ice winters today reach the same values as in the reference period.

By analysing the ice parameter „number of days with ice“, certain developments in ice formation become apparent: ice in the Stettiner Haff occurs rarely in November, but there has been a slightly increasing trend in the past 20 years. In December, the same number of days with ice is observed on average today as in the years 1961-1990. In the winter months of January and February, until mid-March, the probability of ice occurrence in the Stettiner Haff is very high, but compared to the reference period there has been a clearly negative trend during the past 20 years. The parallels found between the trends in the development of air temperature and that of the ice parameter „number of days with ice“ shows once more clearly that ice formation and ice development in small, calm bodies of water depend primarily on the air temperatures. Other factors are of lesser importance.

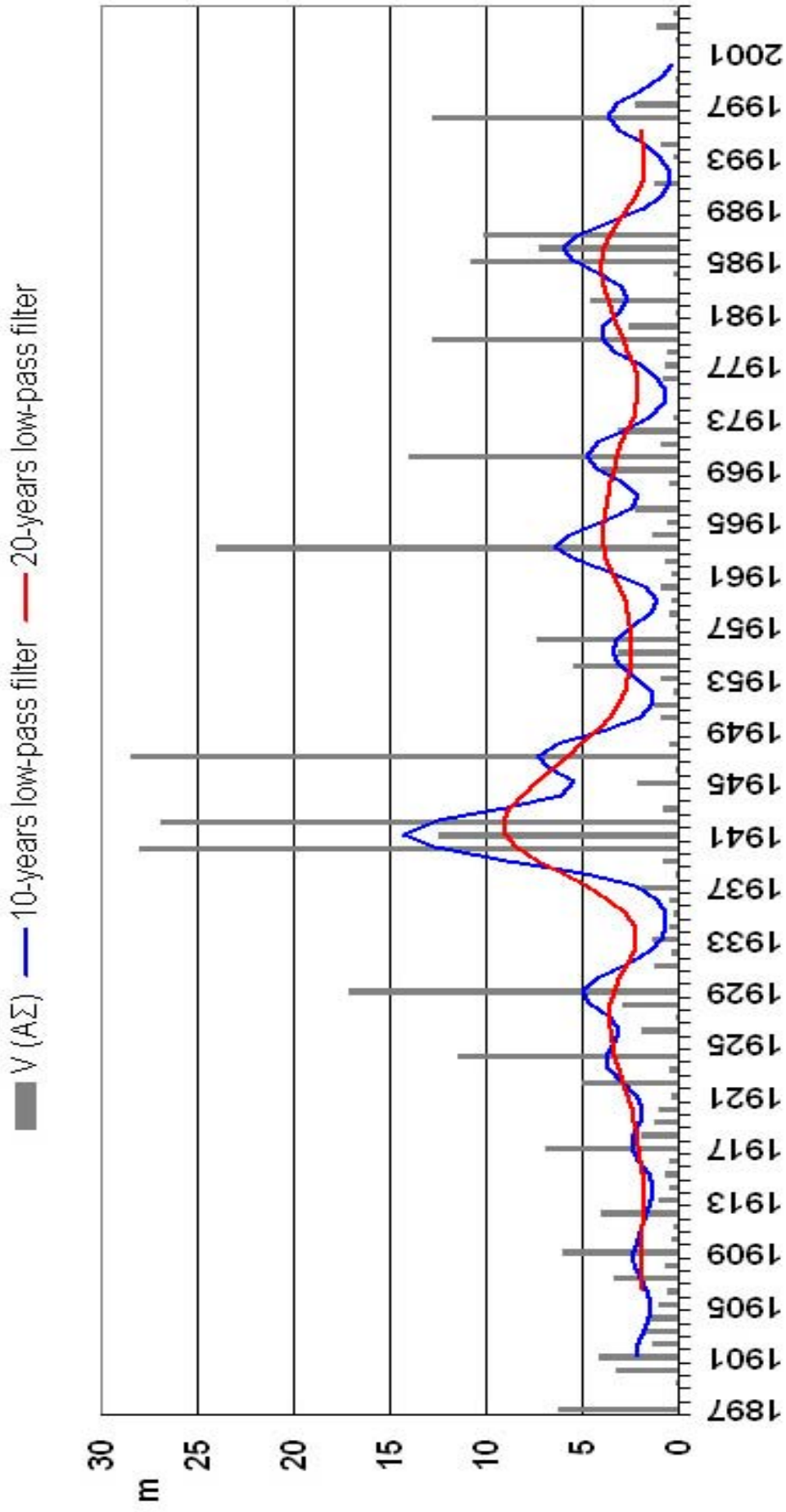
Despite the rising trend of air temperatures, there has not been a single winter during the past 20 years in which the Stettiner Haff remained completely free of ice.



Flächenbezogene Eisvolumensumme für die deutsche Ostseeküste
Accumulated areal ice volume for the German Baltic Sea coast



Flächenbezogene Eisvolumensumme für die deutsche Nordseeküste
Accumulated areal ice volume for the German North Sea coast



Verteilung der flächenbezogenen Eisvolumensumme (deutsche Ostseeküste)
 Distribution of accumulated areal ice volume for the German Baltic Sea coast

1. Der Eiswinter 1999/2000 an den deutschen Nord- und Ostseeküsten The Ice Winter of 1999/2000 on the German North Sea and Baltic Sea Coasts

Die Stellung des Eiswinters 1999/2000 im langjährigen Vergleich

Die Eissaison 1999/2000 war an den deutschen Küsten **sehr schwach**. Die Nordseeküste blieb, wie im Vorjahr (Strübing, 1999), eisfrei. Auch an der deutschen Ostseeküste betrug der Wert für die flächenbezogene Eisvolumensumme praktisch gleich Null, weil bis auf die innere Schlei keine der 13 Klimastationen von der Eisbildung betroffen war.

Der Verlauf des Eiswinters

Der Winter 1999/2000 war im Norden Deutschlands sehr mild. Er zählt in der norddeutschen Tiefebene zu den absolut mildesten Wintern der letzten hundert Jahre (Heinemann, 2000). Die Witterungsverhältnisse an den deutschen Küsten im Winter 1999/2000 werden durch Abbildung 1.1 und Tabelle 1.1 charakterisiert. Die Lufttemperaturen lagen bis auf zwei sehr kurze Kälteperioden durchgehend über dem Gefrierpunkt. In der Tabelle 1.1 sind die Monatsmittel der Lufttemperatur der Küstenstationen sowie deren Abweichungen vom 30-jährigen Mittel (1961-1990) angegeben (DWD, 2000). Wie aus der Tabelle 1.1 zu sehen ist, lagen die Monatswerte der Lufttemperatur während des ganzen Winters über der Normaltemperatur. Die größten positiven Abweichungen traten im Januar und im Februar auf, die Hauptvereisungsmonaten an den deutschen Küsten. Bei milden Lufttemperaturen kühlte sich das Wasser an der westlichen Außenküste der Ostsee zum Ende des Monats Januar nur bis auf 3°C, in den östlichen Außenbereichen bis auf 1°C ab (siehe Abbildung 1.2).

Dem meteorologischen Ablauf entsprechend kam es im Winter 1999/2000 zu zwei kurzen Eisperioden.

Zum Beginn der dritten Dezemberdekade bildete sich in den Innenfahrwassern der Bodden- und Gewässer der Küste Vorpommerns in den Randbereichen das erste Eis des Winters. Infolge des zu Weihnachten einsetzenden Tauwetters schmolz es jedoch rasch wieder ab. Um den 20. Januar begann in den inneren Bodden- und Gewässern, im Hafen Rostock und in der inneren Schlei erneut Eisbildung, und in geschützten Innenfahrwassern der übrigen Anrainer des südlichen Ostseeraumes entstand ebenfalls dünnes Eis. Aber auch diese Eisbildungsperiode war nur kurz, denn bereits am 26. Januar setzte Tauwetter ein und bis zum Monatsende hatte sich das Eis aufgelöst. Danach trat kein Eis mehr auf (siehe Abbildung 1.3).

Ranking of the ice winter of 1999/2000 in long-term comparison

The 1999/2000 ice season on the German coasts was **very weak**. The North Sea coast remained ice-free, as in the preceding year (Strübing, 1999). Also on the German Baltic Sea coast, the accumulated areal ice volume was virtually zero because ice formation was observed at none of the 13 climate monitoring stations, with the exception of the inner Schlei area.

Development of the ice winter

The winter of 1999/2000 in Germany's north was very weak. It was one of the mildest winters in the North German lowlands in the past 100 years (Heinemann, 2000). Weather conditions on the German coasts in the winter of 1999/2000 are characterised in Figure 1.1 and Table 1.1. Air temperatures remained above zero throughout this winter, with the exception of two very brief cold spells. Table 1.1 shows the monthly means of air temperature at the coastal stations and their deviations from the 30-year mean (1961-1990) (DWD, 2000). As can be seen in the Table 1.1, the monthly mean air temperatures exceeded normal values throughout this winter. The highest positive deviations occurred in January and February, which on German coasts normally are the months with the strongest ice formation. By late January, water temperatures on the outer coasts of the western Baltic had not dropped below 3 °C, and in the eastern parts 1 °C (see Figure 1.2) because of the mild air temperatures.

Meteorological conditions in the winter of 1999/2000 led to two brief cold spells with ice formation.

At the beginning of the third decade of December, the first ice of the season formed on the margins of the inner fairways in the Bodden waters of Vorpommern. However, it melted quickly when a thawing period set in at Christmas. Around 20 January, ice formed again in the inner Bodden waters, in the port of Rostock, and in the inner Schlei. Thin ice also formed in the protected inner fairways of other coastal states in the southern Baltic. This freezing period also ended soon, with the onset of thawing weather on 26. January, and the last ice had disappeared by the end of the month. No ice occurred after that (see Figure 1.3).

Greifswald Schleswig Norderney

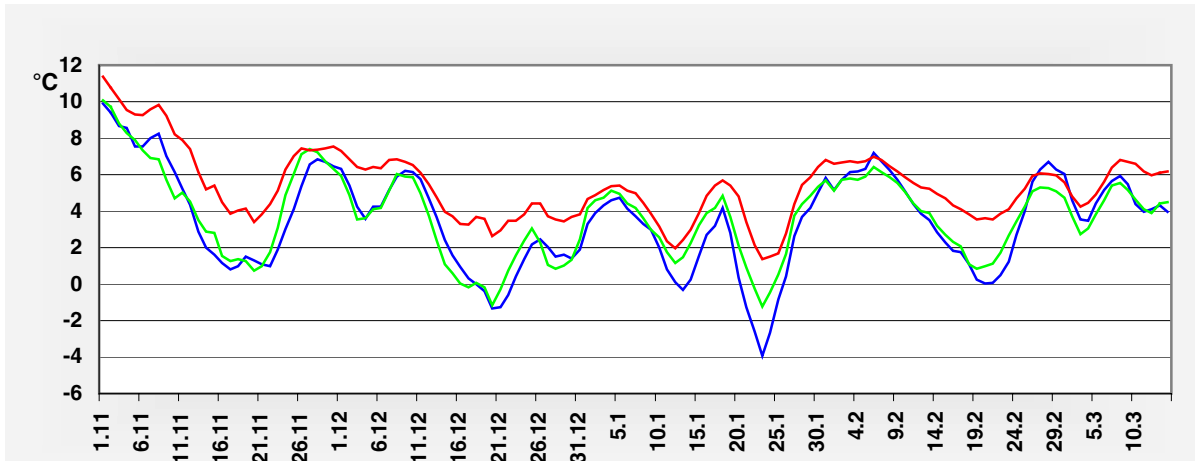


Abbildung 1.1. Übergreifende 5-Tagemittel der Lufttemperatur im Winter 1999/2000 (nach Daten vom Deutschen Wetterdienst)
 Figure 1.1. Running 5-day means of air temperatures in the winter of 1999/2000 (data from German Weather Service)

Tabelle 1.1. Monatsmittelwerte der Lufttemperatur (°C) im Winter 1999/2000 und ihre Abweichungen in (K) vom Klimamittel 1961 bis 1990 (Angaben des DWD)
 Table 1.1. Mean monthly air temperatures (°C) in the winter of 1999/2000 and their deviations (K) from the climatic mean 1961 to 1990 (data from German Weather Service)

Station	Nov		Dec		Jan		Feb		Mar	
	°C	K	°C	K	°C	K	°C	K	°C	K
Norderney	7,1	0,8	4,8	1,6	4,2	2,6	5,4	3,6	5,8	2,6
Schleswig	5,1	0,2	2,4	0,7	3,1	2,8	4,1	3,5	4,4	1,6
Greifswald	4,9	0,3	2,6	1,5	2,0	2,6	4,1	4,1	4,7	2,0

Kiel lighthouse Oderbank

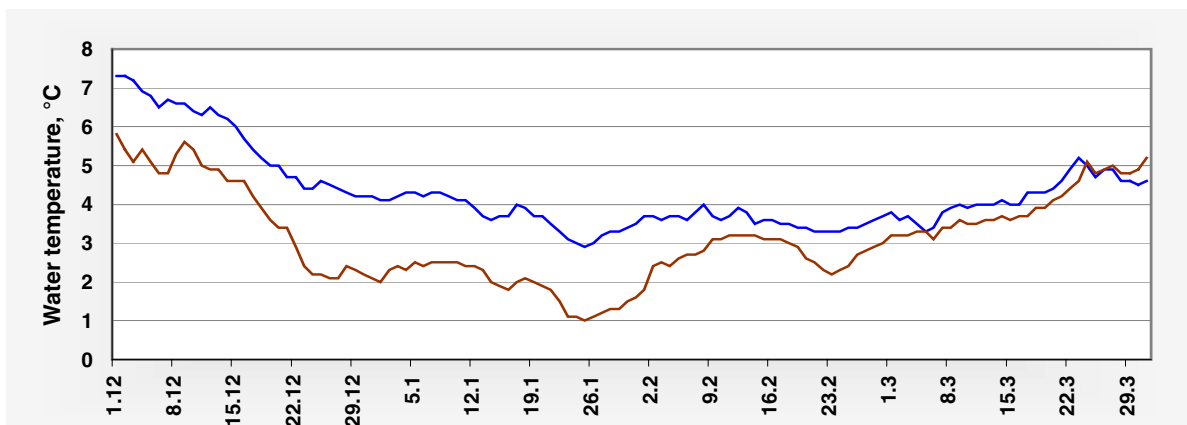


Abbildung 1.2. Tagesmittel der Wassertemperatur in der Kieler Bucht (Station Kiel-Leuchtturm, Oberfläche) und in der Pommerschen Bucht (Station Oderbank, 3 m Tiefe) im Winter 1999/2000 (Angaben des BSH)
 Figure 1.2. Daily means of water temperature at Kiel lighthouse and at the Oderbank in winter of 1999/2000

In der Tabelle 1.2 sind Angaben über den Beginn Table 1.2 contains data about the beginning and

und das Ende des Eisauftretens, über die Anzahl der Tage mit Eis sowie über die maximalen Eisdicken des ebenen Eises für die deutschen Stationen mit Eisauftreten zusammengestellt. Insgesamt dauerte die Eissaison in den abgeschlossenen Boddenbereichen etwa eine Woche. Die Dicke des ebenen Eises erreichte Werte um 5 cm. Entsprechend dem warmen Winter traten für die Schifffahrt in den deutschen Außengewässern im Laufe des gesamten Winters keine Behinderungen auf, die Kleinschifffahrt in den östlichen inneren Boddenbereichen war nur kurzfristig gering behindert.

end of ice occurrence, the number of days with ice, and the maximum thicknesses of level ice at the German stations where ice occurred. On the whole, the ice season in the land-locked Bodden areas lasted about one week. Level ice reached thicknesses of about 5 cm. According to the warm winter, obstructions to navigation did not occur in the German outer waters throughout this winter season, and only small craft shipping was slightly hindered on a few days in the eastern part of the Bodden waters.

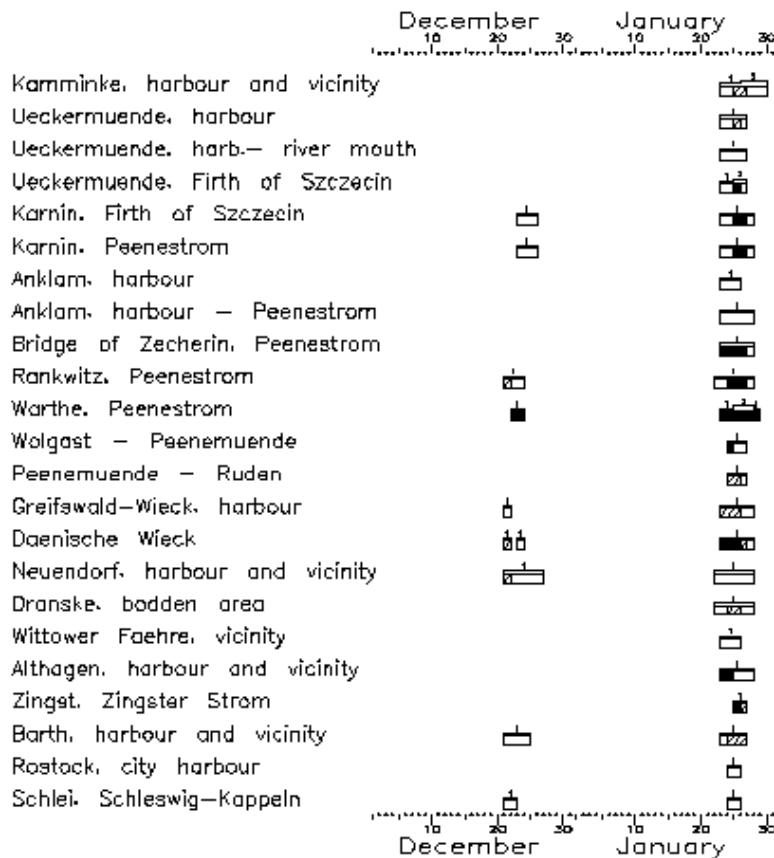


Abbildung 1.3. Bedeckungsgrad und Dicke des Eises in den Fahrwasserabschnitten und Häfen an der deutschen Ostseeküste im Winter 1999/2000
 Figure 1.3. Ice concentration and thickness in the fairways and harbours of the German Baltic coast in the winter of 1999/2000

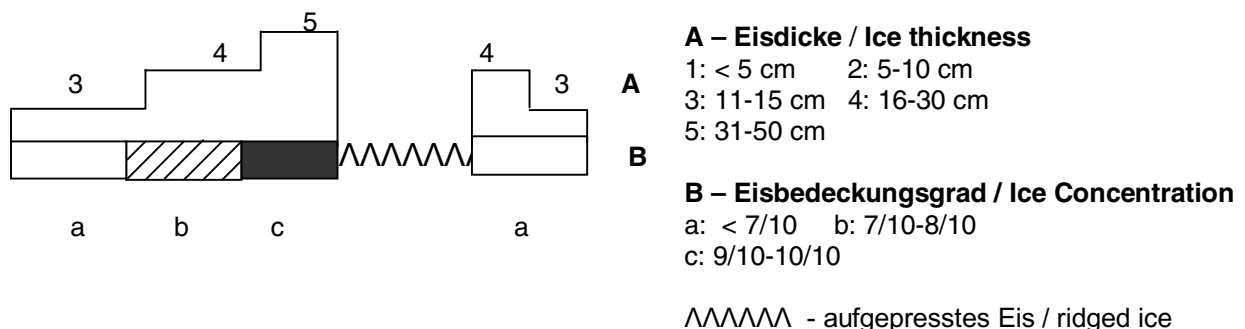


Tabelle 1.2. Eisverhältnisse in den deutschen Küstengewässern im Winter 1999/2000
Table 1.2. Ice conditions in the German coastal waters in the winter of 1999/2000

Observation stations	Beginning of ice occurrence	End of ice occurrence	Number of days with ice	Max. ice thickness, cm
Kamminke, harbour and vicinity	23.01.	29.01.	7	6
Ueckermünde, harbour	23.01.	26.01.	4	4
Ueckermünde, harbour – river mouth	23.01.	26.01.	4	4
Ueckermünde, Firth of Szczecin	23.01.	26.01.	4	6
Karnin, Firth of Szczecin	23.12.	27.01.	8	4
Karnin, Peenestrom	23.12.	27.01.	6	4
Anklam, harbour	23.01.	25.01.	3	2
Anklam, harbour - Peenestrom	23.01.	27.01.	5	3
Bridge of Zecherin, Peenestrom	23.01.	27.01.	1	4
Rankwitz, Peenestrom	21.12.	27.01.	9	5
Warthe, Peenestrom	22.12.	28.01.	8	7
Wolgast - Peenemünde	24.01.	26.01.	3	3
Peenemünde - Ruden	24.01.	26.01.	3	2
Greifswald-Wieck, harbour	21.12.	27.01.	6	3
Dänische Wiek	21.12.	27.01.	7	4
Neuendorf, harbour and vicinity	21.12.	27.01.	12	3
Dranske, Bodden area	22.01.	27.01.	6	2
Wittower Fähre, vicinity	23.01.	25.01.	3	3
Althagen, harbour and vicinity	23.01.	27.01.	3	4
Zingst, Zingster Strom	25.01.	26.01.	2	2
Barth, harbour and vicinity	21.12.	26.01.	8	3
Rostock, city harbour	24.01.	25.01.	2	3
Schlei, Schleswig - Kappeln	21.12.	25.01.	4	< 5

Der Eiswinter 1999/2000 in den nördlichen Ostseebereichen

Im nördlichen Ostseeraum war in Bezug auf die maximale Ausdehnung des Eises von 95 000 km² ein leichter Eiswinter zu verzeichnen (Finnischer Eisdienst, 2000). Die Eisbildung begann in der Bottenvik Ende November, zwei Wochen später als normal. Am 24. Februar wurde ein erster Vereisungshöchststand registriert (siehe Abbildung 1.4, Eiskarte vom 24. Februar). Beim zweiten Vereisungshöchststand etwa Mitte März erreichte die Eisausdehnung etwa das Februarmaximum (siehe Abbildung 1.5, Eiskarte vom 13. März). Vor allem aber waren die Eisdicken deutlich angewachsen, wobei auf See dabei die dynamischen Prozesse (starkes Übereinanderschoben und Aufpressen des Eises) eine wesentliche Rolle spielten. Diese Prozesse führten außerhalb der finnischen Bottenvikküste und in den Zufahrten zur Kronstadt- und Vyborgbucht zu sehr schwierigen Eisverhältnissen. An der schwedischen Küste dagegen wurde die Eissaison 1999/2000 insgesamt als ‚leicht‘ bezeichnet (Lundqvist and Bergquist, 2000). Dennoch endete sie in der nördlichen Bottenvik erst Ende Mai, also etwas später als durchschnittlich.

The ice winter of 1999/2000 in the northern region of the Baltic sea

In the northern Baltic region, the maximum ice extent of 95,000 km² met the criteria for a weak ice winter (Finnish Ice Service, 2000). Ice formation began in the Bay of Bothnia at the end of November, one week later than normal. On 24 February, the first maximum of ice formation was reached (see Figure 1.4, ice map of 24 February). The ice extent during the second maximum of ice formation in about mid-March was comparable to the February maximum (see Figure 1.5, ice map of 13 March). However, ice thicknesses had increased considerably, with dynamic processes also playing a major role in the sea areas (strong ice rafting and ridging). This led to very difficult ice conditions outside the coastal waters of the Finnish Bay of Bothnia and in the approaches to the Kronstadt and Vyborg Bays. In contrast, at the Swedish coast, the ice season of 1999/2000 was generally considered unproblematic (Lundqvist and Bergquist, 2000). However, it finished in the northern Bay of Bothnia first end of May, somewhat later than normal.

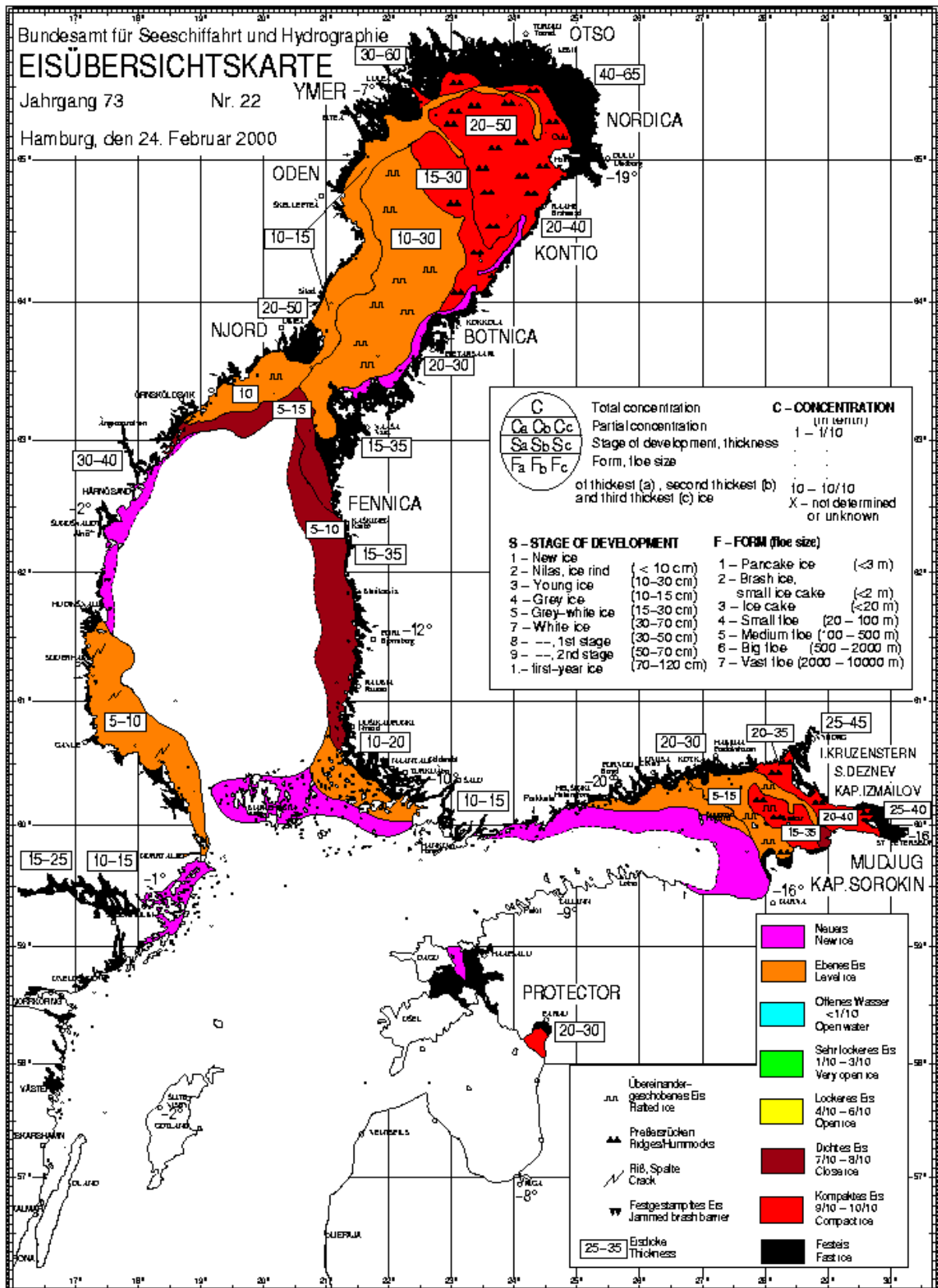


Abbildung 1.4. Eisübersichtskarte vom 24. Februar 2000 mit der maximalen Eisausdehnung im Winter 1999/2000

Figure 1.4. Ice map of 24 February showing the maximum ice extent in the winter of 1999/2000

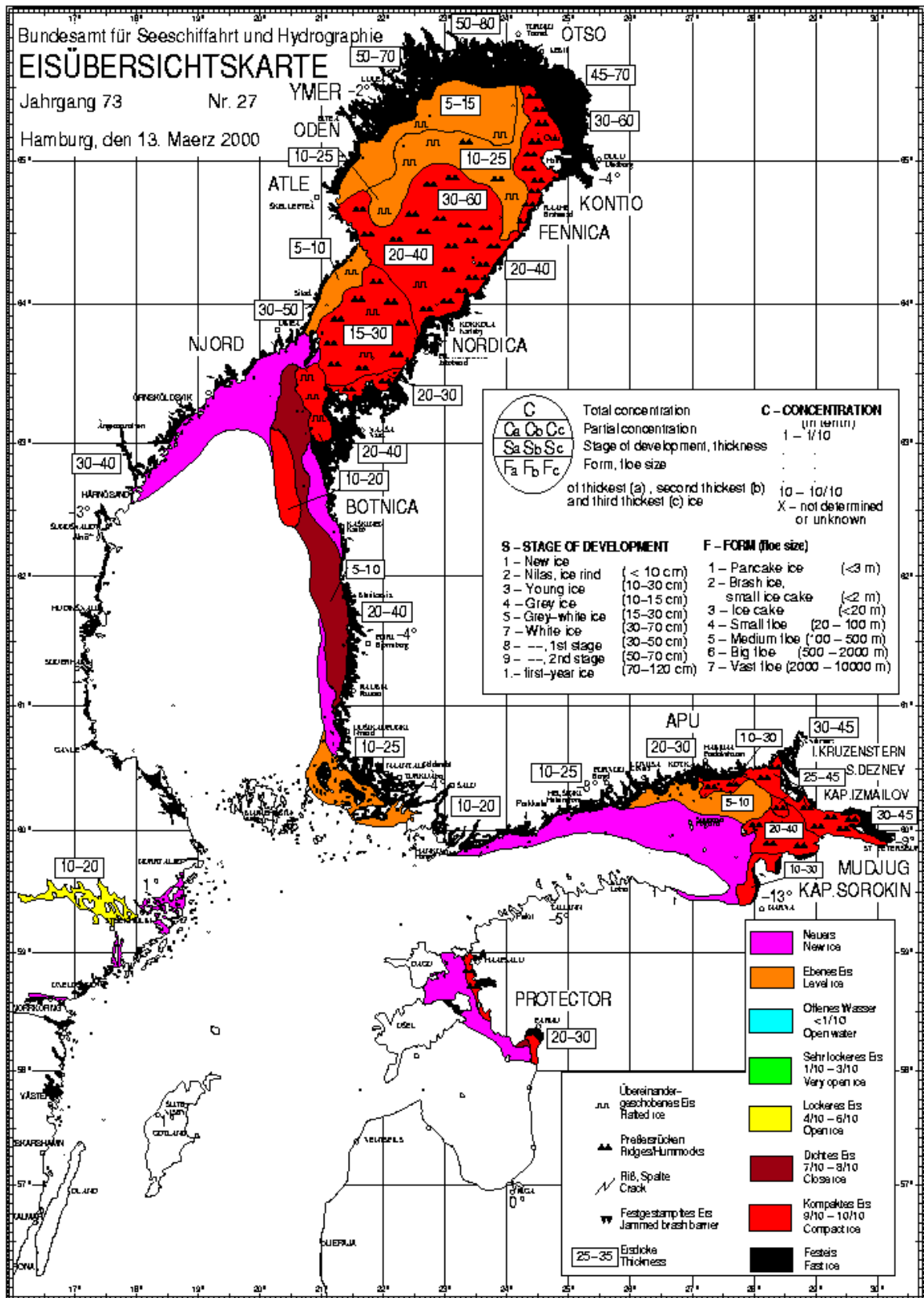


Abbildung 1.5. Eisübersichtskarte vom 13. März 2000 mit dem Höchststand der Eisentwicklung im Winter 1999/2000

Figure 1.5. Ice map of 13 March showing the maximum ice development in the winter of 1999/2000

2. Der Eiswinter 2000/01 an den deutschen Nord- und Ostseeküsten The Ice Winter of 2000/01 on the German North Sea and Baltic Sea Coasts

Die Stellung des Eiswinters 2000/01 im langjährigen Vergleich

Ranking of the ice winter of 2000/01 in long-term comparison

Im Winter 2000/01 war an den deutschen Küsten erneut eine **sehr schwache** Eissaison zu verzeichnen. Die Nordseeküste blieb bis auf örtlich kurzfristig aufgetretenes Neueis eisfrei. Bis auf die innere Schlei gilt dies auch für die Küsten der Kieler und Mecklenburger Bucht. Lediglich in den Bodden- gewässern der Küste Mecklenburg-Vorpommerns führten die Kälteperioden Ende Dezember, Mitte Januar und Anfang Februar in den geschützten und flachen Fahrwassern zu einer nennenswerten Vereisungsdauer von örtlich bis zu insgesamt drei bis vier Wochen mit einer maximalen Eisdicke von 10 cm. Die flächenbezogene Eisvolumensumme betrug für die Nordseeküste 0,02 m und für die Ostseeküste 0,025 m. In der nach fallender Reihe der flächenbezogenen Eisvolumensumme angeordneten Eiswinter des Zeitraumes 1897 bis 2001 nimmt dieser Winter an der Nordseeküste den 84. Rang, an der Ostseeküste den 97. Rang ein; an der Nordseeküste hatten somit nur 22 Winter, an der Ostseeküste nur 9 Winter noch weniger Eis.

A **very weak** ice season was again recorded on the German coasts in the winter of 2000/01. The North Sea coast remained free of ice, with the exception of some local new ice formation. Also the coasts along the Kiel and Mecklenburg Bights were ice free, the inner Schlei area being the only exception. Only in the protected, shallow fairways of the Bodden waters on the Mecklenburg-Vorpommern coasts did the cold spells at the end of December, in mid-January and early February lead to noticeable ice formation with a maximum ice thickness of 10 cm and a duration of locally up to 3 – 4 weeks. The accumulated areal ice was 0.02 on the North Sea coast, and 0.025 on the Baltic Sea coast. Among the ice winters from 1897 to 2001, based on the accumulated areal ice volume sorted in descending sequence, this winter ranks 84th on the North Sea coast, and 97th on the Baltic Sea coast. This means that only 22 winters on the North Sea coast, and only 9 winters on the Baltic Sea coast, had even less ice.

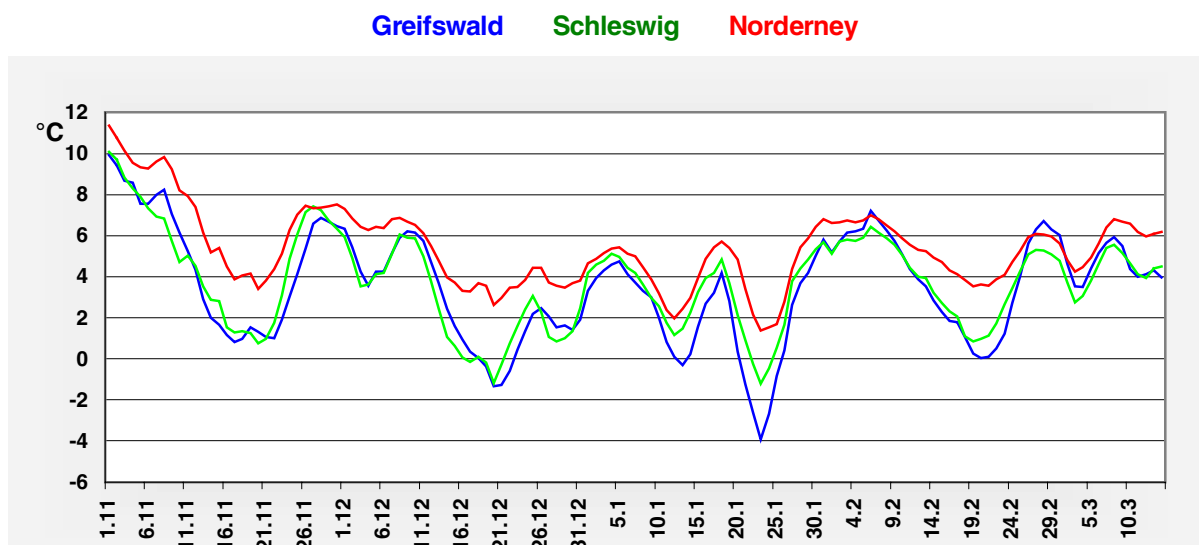


Abbildung 2.1. Übergreifende 5-Tagemittel der Lufttemperatur im Winter 2000/01, (nach Daten vom Deutschen Wetterdienst)
Figure 2.1. Running 5-day means of air temperatures in the winter of 2000/01 (data from the German Weather Service)

Tabelle 2.1. Monatsmittelwerte der Lufttemperatur (°C) im Winter 2000/01 und ihre Abweichungen in (K) vom Klimamittel 1961 bis 1990 (Angaben des DWD))

Table 2.1. Mean monthly air temperatures (°C) in the winter of 2000/01 and their deviations (K) from the climatic mean 1961 to 1990 (data from German Weather Service)

Station	Nov		Dec		Jan		Feb		Mar	
	°C	K	°C	K	°C	K	°C	K	°C	K
Norderney	7,2	0,9	4,8	1,6	2,4	0,8	3,0	1,2	3,4	0,2
Schleswig	6,9	2,0	4,0	2,3	1,4	1,1	1,4	0,8	2,1	-0,7
Greifswald	6,6	2,0	3,4	2,3	1,1	1,7	1,3	1,3	2,3	-0,4

Kiel lighthouse Oderbank

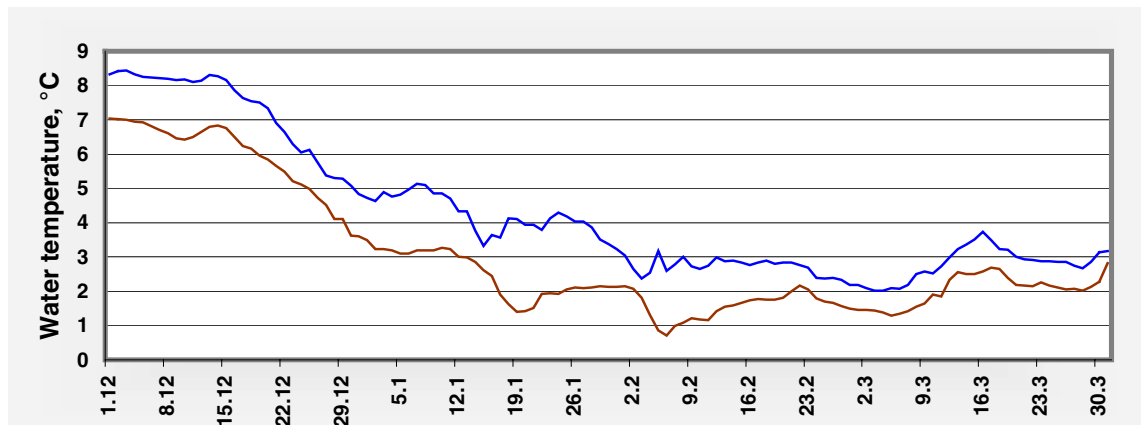


Abbildung 2.2. Tagesmittel der Wassertemperatur in der Kieler Bucht (Station Kiel-Leuchtturm, Oberfläche) und in der Pommerschen Bucht (Station Oderbank, 3 m Tiefe) im Winter 2000/01 (Angaben des BSH)

Figure 2.2. Daily means of water temperatures at Kiel lighthouse and in the Pomeranian Bight in the winter of 2000/01

Der Verlauf des Eiswinters

Development of the ice winter

Der Winter 2000/01 war in meteorologischer Sicht allgemein mild (Heinemann, 2001). Auffällig waren die sehr milde Witterung im November und in der ersten Dezemberhälfte und der schnee-reiche Winterrückfall um den 20. März (siehe Monatsmittelwerte der Lufttemperatur und deren Abweichungen vom langjährigen Mittel in der Tabelle 2.1). Die Kälteperioden waren jeweils nur von kurzer Dauer und traten zwischen Weihnachten und Neujahr, Mitte Januar und Ende Februar auf (siehe Abbildung 2.1).

The winter of 2000/01 was generally mild (Heinemann, 2001). It was characterised by very mild weather in November and in the first half of December, and a cold spell with strong snowfalls around 20 March (see monthly means of air temperatures and their deviations from the long-term means in Table 2.1). The cold spells were of short duration and covered the periods between Christmas and New Year, and between mid-January and the end of February (see Figure 2.1).

Das Wasser an den Außenküsten kühlte sich im Februar lediglich auf Werte zwischen 3 °C und 2 °C in der Kieler Bucht und zwischen 2 °C und 1 °C in der Pommerschen Bucht ab. Damit blieben die Seebereiche und die gesamte Außenküste auch in diesem Winter eisfrei.

In February, the water along the outer coasts cooled to temperatures of 2 - 3 °C in the Kiel Bight, and 1 - 2 °C in the Pomeranian Bight. Therefore, the sea areas and the entire outer coast remained ice-free also in this winter.

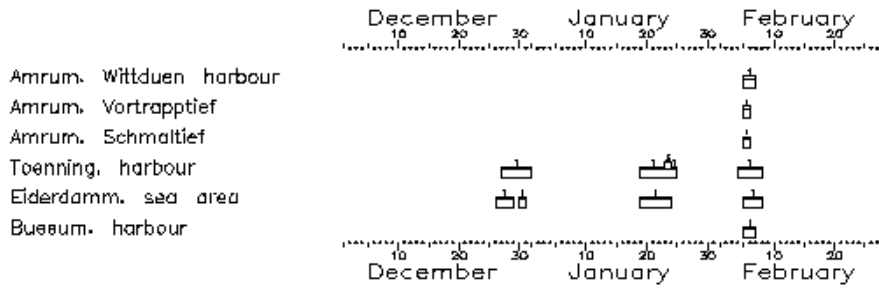


Abbildung 2.3. Bedeckungsgrad und Dicke des Eises in den Fahrwasserabschnitten und Häfen an der deutschen Nordseeküste im Winter 2000/01

Figure 2.3. Ice concentration and thickness of ice in the fairways and harbours of the German North Sea coast in the winter of 2000/01

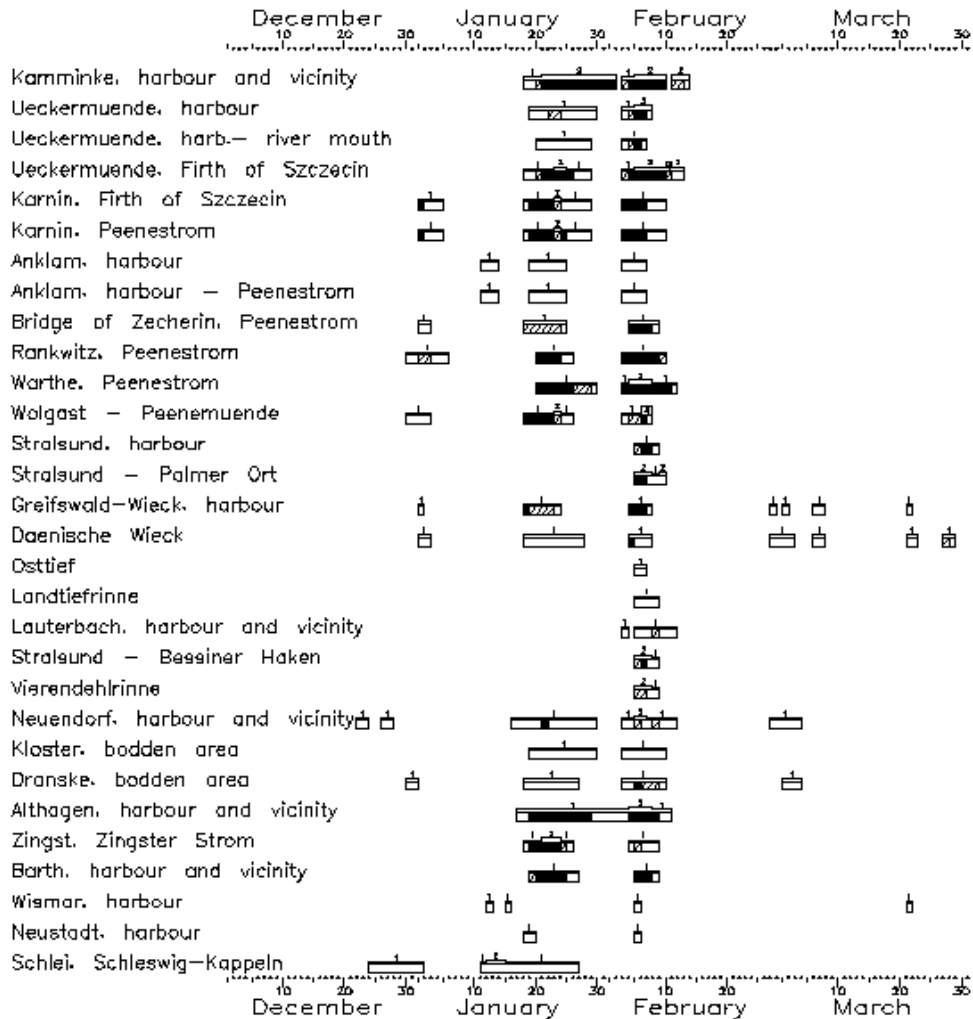
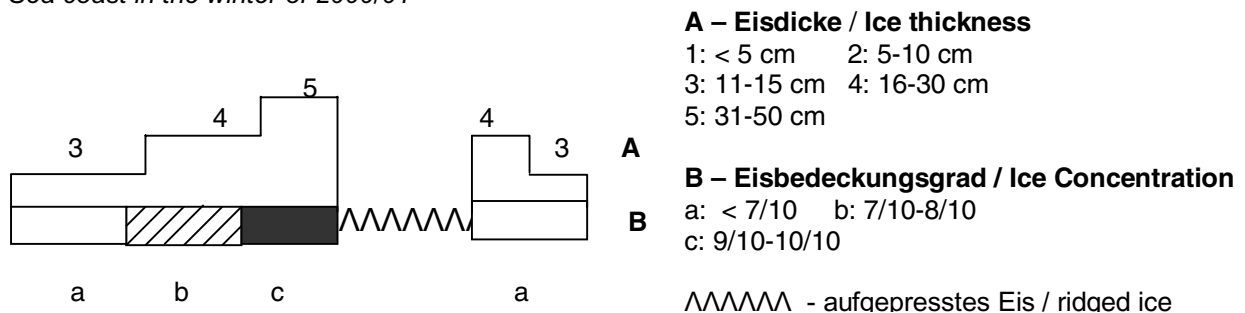


Abbildung 2.4. Bedeckungsgrad und Dicke des Eises in den Fahrwasserabschnitten und Häfen an der deutschen Ostseeküste im Winter 2000/01

Figure 2.4. Ice concentration and thickness of ice in the fairways and harbours of the German Baltic Sea coast in the winter of 2000/01



In den Abbildungen 2.3 und 2.4 ist das tägliche

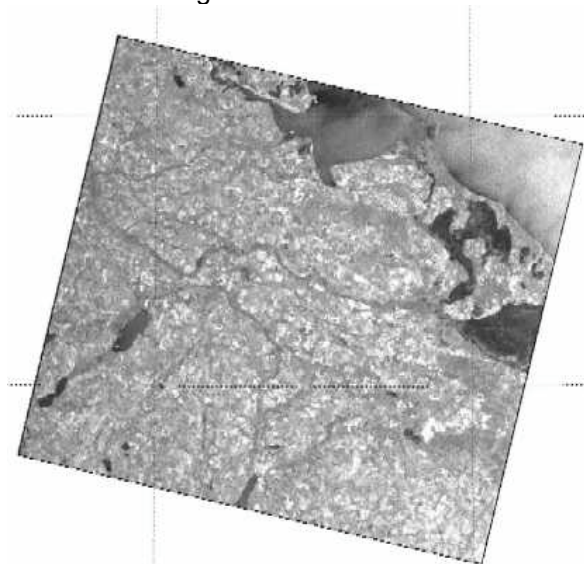
Figures 2.3 and 2.4 show the daily occurrence

Eisaufreten an den deutschen Nord- und Ostseeküsten dargestellt. In den Tabellen 2.2 und 2.3 sind Angaben über den Beginn und das Ende des Eisaufretens, über die Anzahl der Tage mit Eis sowie über die maximalen Eisdicken des ebenen Eises für alle Beobachtungsstationen an den deutschen Nord- und Ostseeküsten zusammengestellt.

Dem meteorologischen Ablauf entsprechend kam es im Winter 2000/01 zu zwei kurzen Eisperioden. Das erste Eisvorkommen zeigte sich in den geschützt liegenden Gewässern der Nord- und Ostseeküsten Anfang Januar. Diese Eisperiode dauerte nur einige Tage. Die zweite Eisperiode begann in der zweiten Januardekade und dauerte in den abgeschlossenen Bereichen und kleineren Häfen der Küste Mecklenburg-Vorpommerns mit einer kurzen Unterbrechung Ende Januar/Anfang Februar bis zu drei Wochen. In dieser Periode wurde der Schiffsverkehr nur in den östlichen inneren Boddenengewässern geringfügig behindert. Größere Schwierigkeiten hatten kleinere Schiffe im Kleinen Haff in der Zeit zwischen dem 4. und dem 10. Februar. Die negativen Lufttemperaturen (ab 2. Februar) und der ergiebige Schneefall führten zu großflächiger Neueisbildung überwiegend als Eisbrei oder Schneeschlamm. Die zeitweise frischen nordöstlichen Winde schoben das Neueis zu einem stellenweise bis zu 30 cm dicken kompakten Gürtel zusammen. Auf dem Satellitenbild vom 8. Februar (siehe Abbildung 2.5) sind noch die Reste eines Eisgürtels entlang der Südküste des Kleinen Haffs als heller Streifen sichtbar, der trotz steigender Lufttemperaturen (ab 6. Februar) und auf südliche Richtungen drehende Winde noch bis 10. Februar eine Behinderung für die Kleinschiffahrt darstellte.

of ice on the German North and Baltic Sea coasts. Tables 2.2 and 2.3 contain data on the beginning and end of ice occurrence, the number of days with ice, and the maximum thickness of level ice at all observation stations on the German North and Baltic Sea coasts.

Meteorological conditions in the winter of 2000/01 led to two short cold spells with ice formation. The first ice was observed in the protected waters of the German North and Baltic Sea coasts in early January. This cold spell lasted only a few days. The second cold spell began in the second decade of January and lasted up to three weeks in enclosed areas and small harbours of the Mecklenburg-Vorpommern coasts, with one brief interruption in the end January/early February. During this period, navigation faced minor difficulties only in the eastern part of the inner Bodden waters. Navigation was more difficult for smaller craft operating in the area of Kleines Haff during 4 and 10 February. Negative air temperatures (from 2 February) and heavy snowfalls led to extensive new-ice formation, mostly as shuga or slush. Temporarily fresh northeasterly winds pushed the new ice together, which formed an up to 30 cm thick, compact belt. On the satellite image of 8 February shown in Figure 2.5, the remnants of an ice belt along the south coast of Kleines Haff are still as light-colored strip visible which continued to hinder small craft shipping until 10 February, in spite of rising air temperatures (from 6 February) and winds veering south.



Producttyp	: GEC
Satellite	: E2
Sensor	: SAR
Aq_facility	: NZ PRI
Prc_facility	: D-PAF
UTM_zone	: UT33
Frame	: 2511
Orbit	: 30351
Center_long.	: 13.459
Center_lat.	: 54.161
Center_time	: 08.02.2001 10:05:37.993
Pixelsize	: 12.5
Sitename	: Greifswald
Creationdate	: 09.02.2001

Abbildung 2.5. Radar-Satellitenaufnahme (ERS-2) vom 8. Februar 2001 mit Sicht auf den Südteil des Greifswalder Boddens, auf den Westteil des Kleinen Haffs und den Nordwestteil der Pommerschen Bucht
Figure 2.5. Radar Satellite image (ERS-2) of 8 February 2001 showing the southern part of the Greifswalder Bodden, the western part of Kleines Haff, and the northwestern part of the Pomeranian Bight
Tabelle 2.2. Eisverhältnisse in den Gewässern der deutschen Nordseeküste im Winter 2000/01
Table 2.2. Ice conditions in the waters of the German North Sea coast in the winter of 2000/01

Observation station	Beginning of ice occurrence	End of ice occurrence	Number of days with ice	Max. ice thickness cm
Amrum, Wittdün harbour	05.02.	06.02.	2	< 5
Amrum, Vortrapptief	05.02.	05.02.	1	< 5
Amrum, Schmaltief	05.02.	05.02.	1	< 5
Tönning, harbour	27.12.	07.02.	15	10-15
Eiderdamm, sea area	26.12.	07.02.	12	< 5
Büsum, harbour	05.02.	06.02.	2	< 5

Tabelle 2.3. Eisverhältnisse in den Gewässern der deutschen Ostseeküste im Winter 2000/01
Table 2.3. Ice conditions in the waters of the German Baltic Sea coast in the winter of 2000/01

Observation station	Beginning of ice occurrence	End of ice occurrence	Number of days with ice	Max. ice thickness cm
Kamminke, harbour and vicinity	18.01.	13.02.	25	7
Ueckermünde, harbour	19.01.	07.02.	16	5
Ueckermünde, harbour - river mouth	20.01.	06.02.	13	5
Ueckermünde, Firth of Szczecin	18.01.	12.02.	21	10
Karnin, Firth of Szczecin	01.01.	09.02.	22	5
Karnin, Peenestrom	01.01.	09.02.	22	5
Anklam, harbour	11.01.	06.02.	13	5
Anklam, harbour - Peenestrom	11.01.	06.02.	13	5
Bridge of Zecherin, Peenestrom	01.01.	08.02.	14	3
Rankwitz, Peenestrom	30.12.	09.02.	20	5
Warthe, Peenestrom	20.01.	11.02.	19	8
Wolgast - Peenemünde	30.12.	07.02.	17	5
Stralsund, harbour	05.02.	08.02.	4	5
Stralsund - Palmer Ort	05.02.	09.02.	5	10
Greifswald-Wieck, harbour	01.01.	21.03.	16	3
Dänische Wiek	01.01.	28.03.	26	5
Osttief	05.02.	06.02.	2	3
Landtiefrinne	05.02.	08.02.	4	5
Lauterbach, harbour and vicinity	03.02.	11.02.	8	4
Stralsund - Bessiner Haken	05.02.	08.02.	4	10
Vierendehlrinne	05.02.	08.02.	4	8
Neuendorf, harbour and vicinity	22.12.	03.03.	32	5
Kloster, Bodden area	19.01.	09.02.	18	2
Dranske, Bodden area	30.12.	03.03.	21	3
Althagen, harbour and vicinity	17.01.	10.02.	25	8
Zingst, Zingster Strom	18.01.	08.02.	13	6
Barth, harbour and vicinity	19.01.	08.02.	12	4
Wismar, harbour	12.01.	21.03.	4	< 5
Neustadt, harbour	18.01.	05.02.	3	< 5
Schlei, Schleswig - Kappeln	24.12.	06.03.	26	5-10

Der Eiswinter 2000/01 im nördlichen Ostseeraum *The ice winter of 2000/01 in the northern region of the Baltic Sea*

In den nördlichen Ostseebereichen lagen die In the northern Baltic, the air temperatures in

Lufttemperaturen im Herbst deutlich über den langjährigen Durchschnittswerten. Eine nennenswerte, über mehrere Tage andauernde Frostperiode konnte zunächst lediglich für den östlichsten Teil des Finnischen Meerbusens registriert werden, der in der letzten Novemberdekade am Westrand eines umfangreichen Hochdruckgebiets über dem nordwestlichen Russland größtenteils im Einflussbereich kontinentaler Kaltluft lag. Dementsprechend bildete sich dort in geschützten flachen Buchten Anfang Dezember etwas Neueis. Dies entsprach etwa dem durchschnittlichen Termin. In den inneren Schären an der Nordküste der Bottenvik hatte sich erst Ende November das erste Eis gebildet, etwa drei Wochen später als durchschnittlich. Im langjährigen Mittel beginnt die Eissaison in der Bottenvik um den 10. November.

Bezüglich der Ausdehnung des Eises war auch im nördlichen Ostseeraum nur ein leichter Eiswinter zu verzeichnen (Finnischer Eisdienst, Schwedischer Eisdienst, 2001). Vereisungshöchststände traten Anfang Februar und Anfang März auf, sowie mit einer Maximalfläche von 128.000 km² um den 26. März (siehe Abbildung 2.6). Im April und Mai setzte sich die warme Witterung fort. Das Eis schmolz in allen Bereichen schneller als in diesen Monaten üblich ist, und Mitte Mai waren alle Gewässer im nördlichen Ostseeraum eisfrei. Die Herausgabe der gedruckten Eisberichte und Eiskarten für den Ostseeraum des BSH begann erst am 20. Dezember 2000 (mittlerer Termin: 27.11.) und endete nach nur 99 Berichtsausgaben (mittlere Anzahl: 123) bereits am 15. Mai 2001 (mittlerer Termin: 26.05.). Die Eissaison gehörte damit in allen Gebieten des nördlichen Ostseeraumes zu den kürzesten überhaupt.

autumn clearly exceeded the long-term means. The only frost period of some duration, which lasted several days, was recorded first in the easternmost part of the Gulf of Finland, which bordered on the western boundary of a large high-pressure area over northwestern Russia and was under the influence of cold continental air. This led to the formation of some new ice in shallow, protected bays in early December, which was about the normal date. In the inner skerries on the north coast of the Bay of Bothnia, first ice did not form until the end of November, about three weeks later than normal. The long-term mean for the beginning of the ice season in the Bay of Bothnia is around 10 November.

Based on the extent of ice, only a weak ice winter was recorded also in the northern Baltic (Finnish Ice Service, Swedish Ice Service, 2001). Maxima of ice formation occurred in early February, early March, and around 26 March, when the ice cover reached its largest extent of 128,000 km² (Figure 2.6). The warm weather continued in April and May. The ice in all areas melted more quickly than usual in these months, and by mid-May all waters of the northern Baltic were free of ice. The first ice reports and maps for the Baltic from BSH were issued as late as 20 December 2000 (average date: 27 Nov.), and the last ice report of a total 99 (average number: 123) was published as early as 15 May 2001 (average date: 26 May). The ice season of 2000/01 thus was one of the shortest ice seasons ever recorded in the northern Baltic.

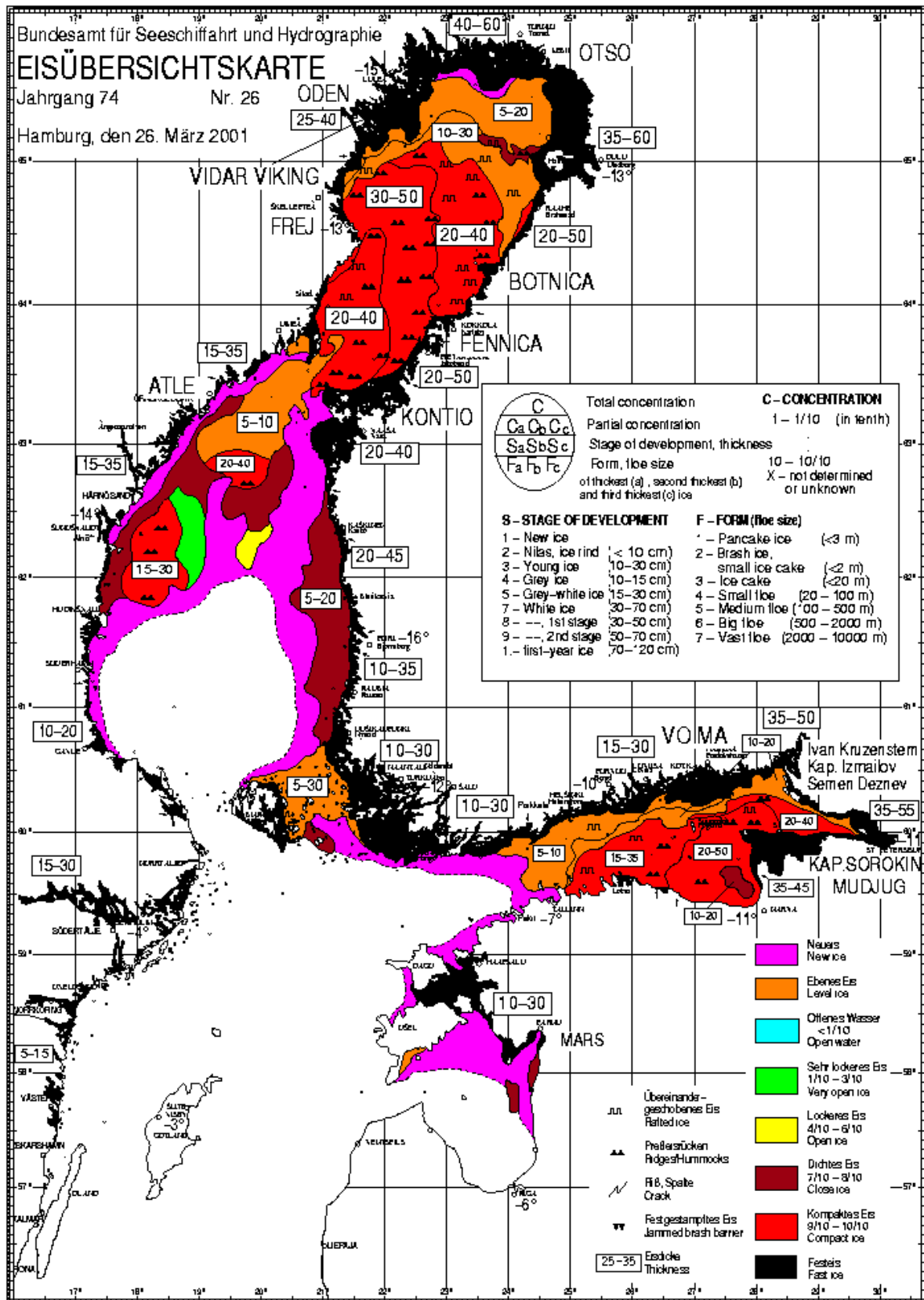


Abbildung 2.6. Eisübersichtskarte vom 26. März 2001 mit der maximalen Eisausdehnung für den Eiswinter 2000/01

Figure 2.6. Ice map of 26 March showing the maximum ice extent in the ice winter of 2000/01

3. Der Eiswinter 2001/02 an den deutschen Nord- und Ostseeküsten The Ice Winter of 2001/02 on the German North Sea and Baltic Sea Coasts

Die Stellung des Eiswinters 2001/02 im langjährigen Vergleich

Ranking of the ice winter of 2001/02 in long-term comparison

Der Eiswinter 2001/02 war im deutschen Küstengebiet zwischen Ems und Oder der fünfte **sehr schwache** Eiswinter in Folge. Die flächenbezogene Eisvolumensumme betrug für die Nordseeküste 0,02 m und für die Ostseeküste 0,09 m. In der 106-jährigen Beobachtungsreihe seit dem Jahr 1897 hatten an der Nordseeküste nur 23 Winter, an der Ostseeküste 19 Winter noch weniger Eisvorkommen zu verzeichnen. Ausschließlich in den Kälteperioden Ende Dezember und Anfang Januar konnte örtlich in kleineren Häfen der Nordseeküste, an den Küsten Schleswig-Holsteins sowie in einigen Innenfahrwassern und in den Boddengebieten Mecklenburg-Vorpommerns eine nennenswerte Eisbildung beobachtet werden (siehe Abbildung 3.1). Der Schiffsverkehr war nur wenig behindert.

In the German coastal area between Ems and Oder, the ice winter of 2001/02 was the fifth **very weak** ice winter in series. The accumulated areal ice volume was 0.02 on the North Sea coast, and 0.09 on the Baltic Sea coast. In the 106-year observation period since 1897, 23 winters on the North Sea coast and 19 winters on the Baltic coast had even less ice. This winter, noticeable ice formation occurred only locally in smaller ports along the North Sea coast, on the coasts of Schleswig-Holstein, in some inner fairways and in the shallow Bodden waters of Mecklenburg-Vorpommern during the cold spells in late December and early January (Figure 3.1). There were hardly any restrictions to shipping.

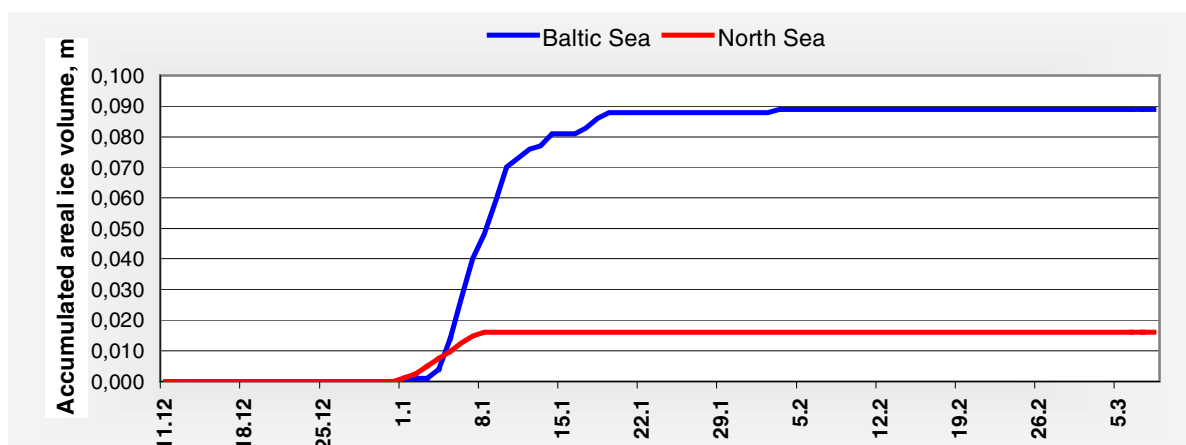


Abbildung 3.1. Akkumuliertes flächenbezogenes Eisvolumen an der Nord- und Ostseeküste im Winter 2001/02

Figure 3.1. Accumulated areal ice volume on the North and Baltic Sea coasts in the winter of 2001/02

Tabelle 3.1. Monatsmittelwerte der Lufttemperatur (°C) im Winter 2001/02 und ihre Abweichungen in (K) vom Klimamittel 1961 bis 1990 (Angaben des DWD)

Table 3.1. Mean monthly air temperatures (°C) in the winter of 2001/02 and their deviations (K) from the climatic mean 1961 to 1990 (data from German Weather Service)

Station	Nov		Dec		Jan		Feb		Mar	
	°C	K	°C	K	°C	K	°C	K	°C	K
Norderney	8,3	2,0	4,1	0,9	3,9	2,3	6,4	4,6	6,4	3,2
Schleswig	5,4	0,5	0,5	-1,2	3,0	2,7	5,0	4,4	4,9	2,1
Greifswald	4,7	0,1	0,4	-0,7	2,6	3,2	5,0	5,0	5,1	2,4

Der Winter 2001/02 war im Norden Deutschlands mild (Heinemann, 2002). Winterliche Witterungsabschnitte beschränkten sich ausschließlich auf den Zeitraum von Mitte Dezember bis Mitte Januar. Danach führten die atlantischen Tiefdruckgebiete mit ihren Ausläufern mildere Luftmassen heran, die Lufttemperaturen im Küstenbereich stiegen zunehmend an und lagen Ende Januar bei 10 °C (Ch. Lefebvre, 2002). Die Monatsmittelwerte der Lufttemperatur im Februar lagen an den deutschen Küsten zwischen 6,4 und 5,0°C, d. h. um 4,5 bis 5 K über den vieljährigen Bezugswerten (siehe Abbildung 3.2 und Tabelle 3.1).

Die Wassertemperatur kühlte sich entsprechend dem oben beschriebenen Verhalten der Lufttemperatur in der ersten Januarwoche an der Außenküste bis auf 1°C, in den flachen und geschützt liegenden Bereichen der westlichen Ostsee und der Pommerschen Bucht sogar bis auf 0°C ab, erreichte jedoch nicht den Gefrierpunkt der Küstengewässer (siehe Abbildung 3.3 und Ch. Lefebvre, 2002). Nach der starken Erwärmung in den letzten Januartagen stiegen auch die Wassertemperaturen überall an und lagen bis zum Ende des Winters im positiven Bereich weit über den Normalwerten.

The winter of 2001/02 in North Germany was mild (Heinemann, 2002). Cold spells were limited to the period from mid-December to mid-January, after which Atlantic depressions and the fronts associated with them transported milder air to North Germany, causing temperatures on the coast to rise gradually to about 10 °C by the end of January (Ch. Lefebvre, 2002). The monthly mean air temperatures in February ranged between 6.4 and 5.0 °C on the German coasts, i.e. 4.5 to 5 K above the long-term reference values (Figure 3.2 and Table 3.1).

Water temperatures followed the development of air temperatures in the first week of January and dropped to 1 °C on the outer coasts, and in the protected shallow areas of the western Baltic and Pomeranian Bight as low as 0 °C, however, did not achieved the freezing point of the coastal waters (see Figure 3.3 and Ch. Lefebvre, 2002). Due to the steep temperature rise during the last days of January, water temperatures increased in all areas and remained positive until the end of the winter, far above the normal values.

Greifswald Schleswig Norderney

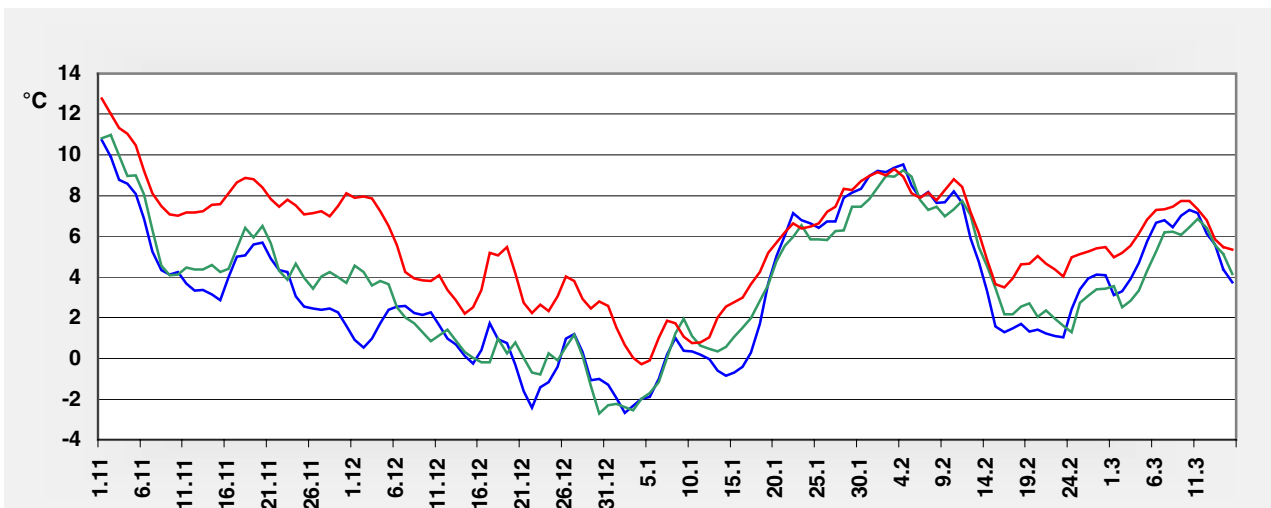


Abbildung 3.2. Übergreifende 5-Tagemittel der Lufttemperatur im Winter 2001/02 (nach Daten vom Deutschen Wetterdienst)

Figure 3.2. Running 5-day means of air temperatures in the winter of 2001/02 (data from German Weather Service)

Kiel lighthouse Oderbank

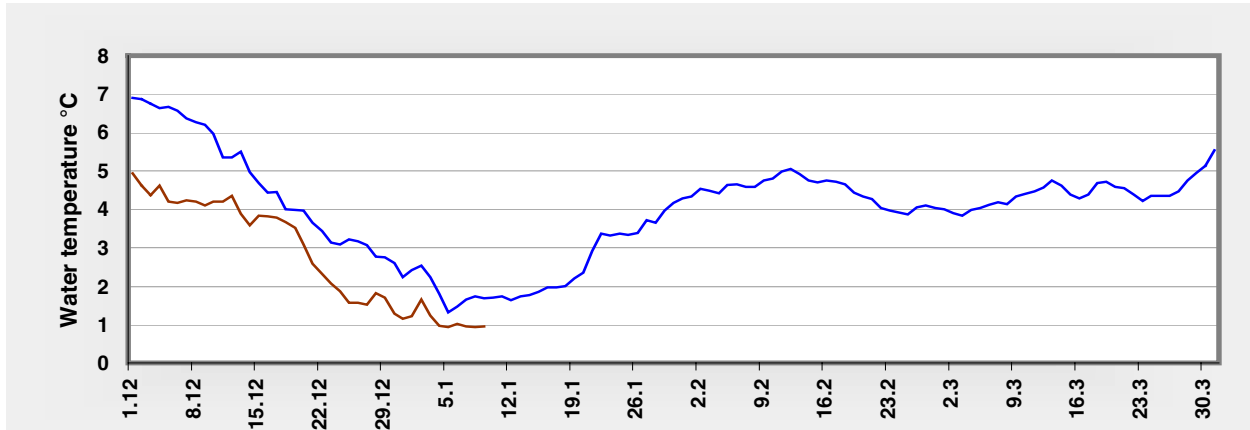


Abbildung 3.3. Tagesmittel der Wassertemperatur in der Kieler Bucht (Station Kiel-Leuchtturm, Oberfläche) und in der Pommerschen Bucht (Station Oderbank, 3 m Tiefe, keine Messungen ab 09.01.2002) im Winter 2001/02 (Angaben des BSH)

Figure 3.3. Daily means of water temperatures at Kiel lighthouse and Oderbank (no data from 9 January) in the winter of 2001/02 (data from the Federal Maritime and Hydrographic Agency of Germany)

In den Abbildungen 3.4 und 3.5 wird die Verteilung des Eises an den deutschen Nord- und Ostsee-küsten im Eiswinter 2001/02 gezeigt, und in den Tabellen 3.2 und 3.3 sind Angaben über den Beginn und das Ende des Eisauftretens, über die Anzahl der Tage mit Eis sowie über die maximalen Eisdicken des ebenen Eises für alle Eisbeobachtungsstationen zusammengestellt. Die Eissaison 2001/02 bestand hauptsächlich aus einer Eisperiode. Das erste Eis bildete sich in den geschützt liegenden Gewässern der Vorpommerschen Küste in der dritten Dezemberdekade kurz vor Weihnachten. In den inneren Fahrwassern der Stralsunder und Rostocker Bereiche, in der Wismar-Bucht und an der Küste von Schleswig-Holstein folgte die Eisbildung infolge des 'Weihnachtstauwetters' ca. zwei Wochen später Anfang Januar. Die Eissaison dauerte in den abgeschlossenen Gewässern etwa vier Wochen, in den inneren Fahrwassern bis zu zwei Wochen. In den kleinen Häfen an der Nordseeküste trat dünnes Eis ebenfalls kurzzeitig in der ersten Januarwoche auf. Die Außenküste und das Seegebiet blieben auch im Winter 2001/02 eisfrei. Der Schiffsverkehr während der Eissaison 2001/02 wurde nur örtlich und kurzfristig im Innenbereich behindert.

Figures 3.4 and 3.5 show the distribution of ice on the German North and Baltic Sea coasts in the winter of 2001/02. Data on the beginning and end of ice occurrence, the number of days with ice, and the maximum thickness of level ice at all observation stations is provided in Tables 3.2 and 3.3. The ice season of 2001/02 consisted mainly of a single ice period. First ice formed in protected areas of the coast of Vorpommern in the third decade of December, shortly before Christmas. In the inner fairways of the Rostock and Stralsund waters, in the Wismar Bight and on the coast of Schleswig-Holstein ice developed about two weeks later early January due to 'Christmas thaw'. In land-locked waters, the ice season lasted about four weeks, in the inner fairways up to two weeks. Also in the small harbours on the North Sea coast, thin ice occurred briefly during the first week of January. The outer coast and the sea area remained ice-free also in the winter of 2001/02. There were hardly any restrictions to navigation in the ice season of 2001/02.

Tabelle 3.2. Eisverhältnisse in den Gewässern der deutschen Nordseeküste im Winter 2001/02
 Table 3.2. Ice conditions in the waters of the German North Sea coast in the winter of 2001/02

Observation station	Beginning of ice occurrence	End of ice occurrence	Number of days with ice	Max. ice thickness cm
Nordstrand, Hever	04.01.	06.01.	3	4
Tönning, harbour	31.12.	08.01.	9	5-10
Eiderdamm, sea area	31.12.	10.01.	10	8
Büsum, harbour	05.01.	07.01.	3	3
Büsum, Norderpiep	05.01.	07.01.	3	3
Büsum, Süderpiep	06.01.	07.01.	2	2
Harburg, river Elbe	04.01.	07.01.	4	2

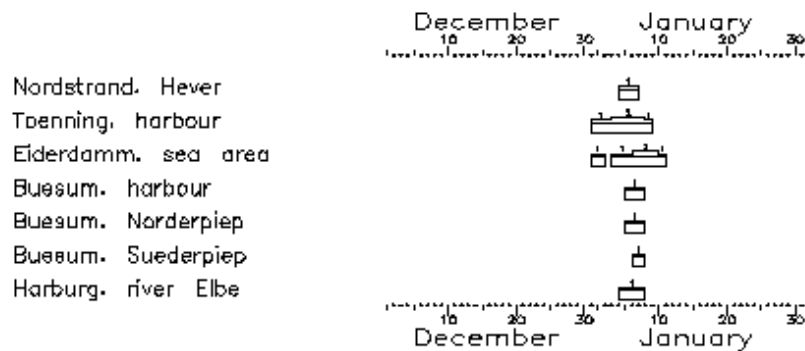
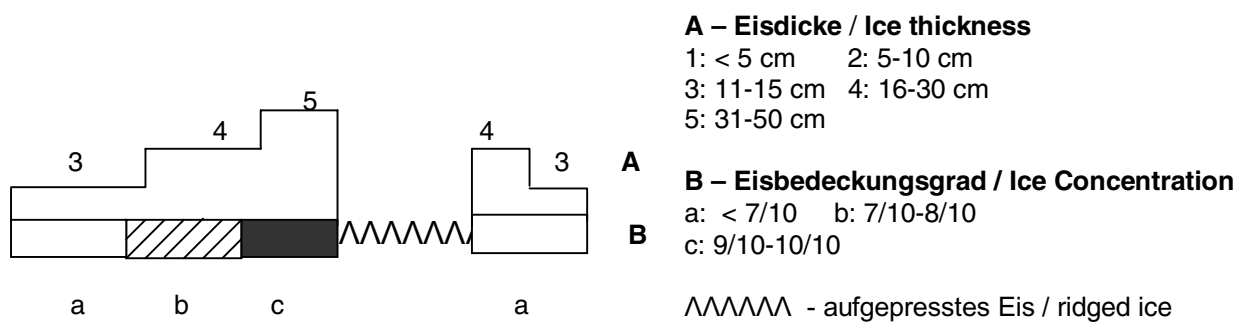


Abbildung 3.4. Bedeckungsgrad und Dicke des Eises in den Fahrwasserabschnitten und Häfen an der deutschen Nordseeküste im Winter 2001/02

Figure 3.4. Ice concentration and thickness in the fairways and harbours of the German North Sea coast in the winter of 2001/02



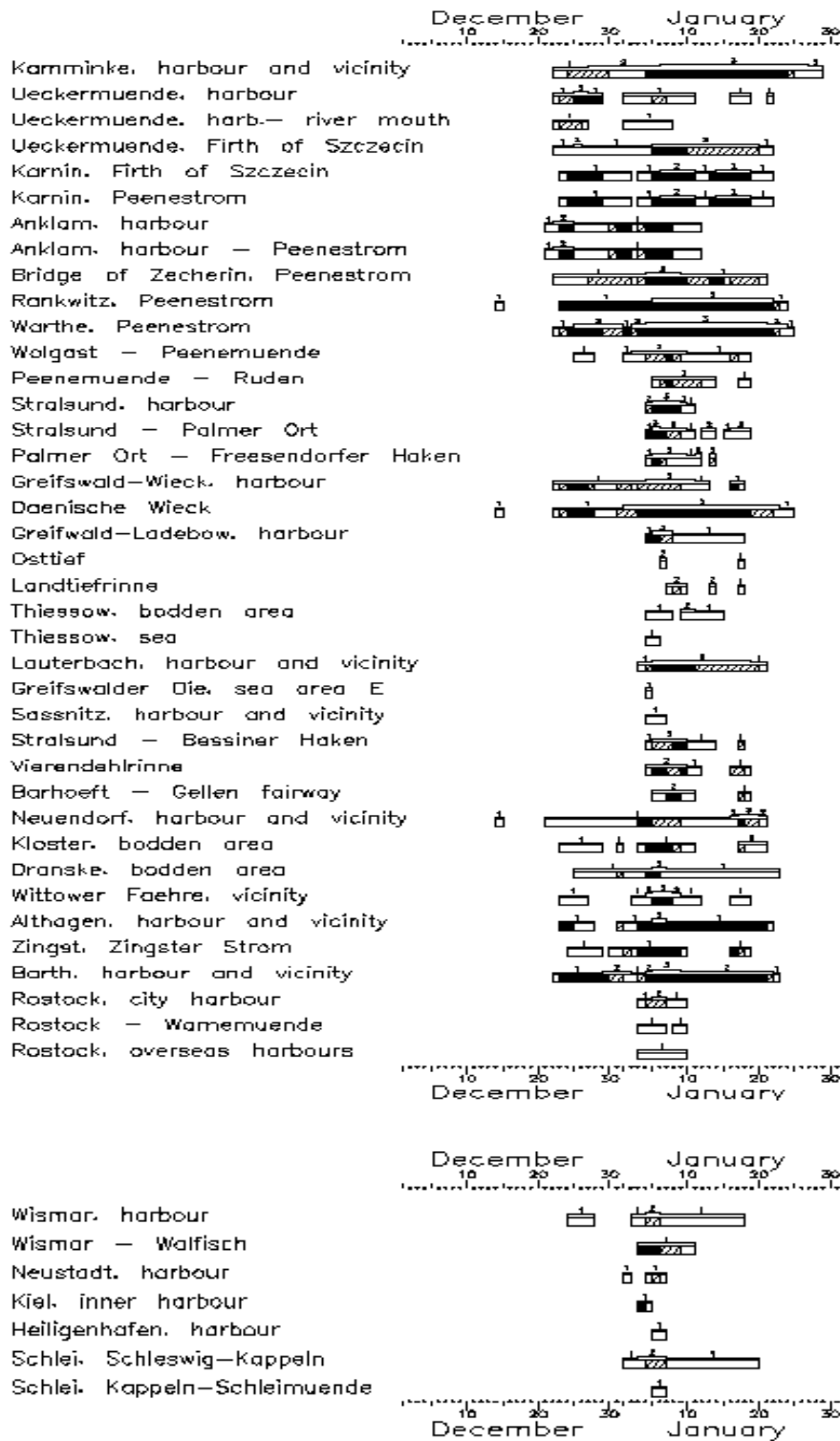


Abbildung 3.5. Bedeckungsgrad und Dicke des Eises in den Fahrwasserabschnitten und Häfen an der deutschen Ostseeküste im Winter 2001/02

Figure 3.5. Ice concentration and thickness in the fairways and harbours of the German Baltic Sea coast in the winter of 2001/02

Tabelle 3.3. Eisverhältnisse in den Gewässern der deutschen Ostseeküste im Winter 2001/02
Table 3.3. Ice conditions in the waters of the German Baltic Sea coast in the winter of 2001/02

Observation station	Beginning of ice occurrence	End of ice occurrence	Number of days with ice	Max. ice thickness cm
Kamminke, harbour and vicinity	22.12.	28.01.	38	15
Ueckermünde, harbour	22.12.	21.01.	21	7
Ueckermünde, harbour – river mouth	22.12.	07.01.	12	4
Ueckermünde, Firth of Szczecin	22.12.	21.01.	31	7
Karnin, Firth of Szczecin	23.12.	21.01.	29	7
Karnin, Peenestrom	23.12.	21.01.	29	7
Anklam, harbour	21.12.	11.01.	22	5-10
Anklam, harbour - Peenestrom	21.12.	11.01.	22	5-10
Bridge of Zecherin, Peenestrom	22.12.	20.01.	30	6
Rankwitz, Peenestrom	14.12.	23.01.	33	10
Warthe, Peenestrom	22.12.	24.01.	34	12
Wolgast - Peenemünde	25.12.	18.01.	21	4
Peenemünde - Ruden	05.01.	18.01.	11	10
Stralsund, harbour	04.01.	10.01.	7	15
Stralsund - Palmer Ort	04.01.	18.01.	13	15
Palmer Ort - Freesendorfer Haken	04.01.	13.01.	9	10
Greifswald-Wieck, harbour	22.12.	17.01.	24	8
Dänische Wiek	14.12.	24.01.	35	10
Greifswald - Ladebow, harbour	04.01.	17.01.	14	10
Osttief	06.01.	17.01.	2	2
Landtiefrinne	07.01.	17.01.	5	10
Thiessow, Bodden area	04.01.	14.01.	10	5-10
Thiessow, sea area	04.01.	05.01.	2	5
Lauterbach, harbour and vicinity	03.01.	20.01.	18	6
Greifswalder Oie, sea area E	04.01.	04.01.	1	2
Sassnitz, harbour and vicinity	04.01.	06.01.	3	5
Stralsund - Bessiner Haken	04.01.	17.01.	11	8
Vierendehlrinne	04.01.	18.01.	11	8
Barhöft - Gellenfahrwasser	05.01.	18.01.	8	6
Neuendorf, harbour and vicinity	14.12.	20.01.	32	10-15
Kloster, Bodden area	23.12.	20.01.	19	5-10
Dranske, Bodden area	25.12.	22.01.	29	8
Wittower Fähre, vicinity	23.12.	18.01.	17	10-15
Althagen, harbour and vicinity	23.12.	21.01.	27	5
Zingst, Zingster Strom	24.12.	18.01.	19	4
Barth, harbour and vicinity	22.12.	22.01.	32	11
Rostock, city harbour	03.01.	09.01.	7	5
Rostock - Warnemünde	03.01.	09.01.	6	5
Rostock, overseas harbours	03.01.	09.01.	7	5
Wismar, harbour	24.12.	17.01.	20	5-10
Wismar - Walfisch	03.01.	10.01.	8	6
Neustadt, harbour	01.01.	06.01.	4	1
Kiel, inner harbour	03.01.	04.01.	2	< 5
Heiligenhafen, harbour	05.01.	06.01.	2	2
Schlei, Schleswig - Kappeln	01.01.	19.01.	19	7
Schlei, Kappeln - Schleimünde	05.01.	06.01.	2	< 5

Der Eiswinter 2001/02 war auch in den nördlichen Ostseebereichen nur schwach ausgeprägt (Finnischer Eisdienst, 2002; Lundqvist, Gullne, 2002). Das erste Eis dieses Winters bildete sich am 6. November 2001 an der Nordostküste der Bottenvik etwa zum durchschnittlichen Termin (bezogen auf den Zeitraum 1961-1990). In den folgenden zwei Wochen setzte sich die Abkühlung der Küstengewässer schrittweise fort, und um den 19. November erfasste die Eisbildung im östlichsten Teil des Finnischen Meerbusens etwa zum normalen Zeitpunkt auch die Zufahrten nach St. Petersburg und Vyborg. Anschließend schritt die Eisentwicklung zunächst nur langsam voran, da mildere Witterungsabschnitte vorherrschten. Anfang Dezember kam es dann unter Hochdruckeinfluss zu einer ziemlich intensiven Eisbildungsphase, und bis zum Jahresende dehnte sich die Eisbedeckung in der Bottenvik erheblich seewärts aus. Nur das zentrale Seegebiet zwischen 65° und 63°45' N blieb noch eisfrei. Im östlichen Teil des Finnischen Meerbusens schob sich der Eisrand auf See bis Hogland westwärts vor. Häufige milde Witterungsabschnitte führten danach jedoch wie in den Vorjahren dazu, dass sich insgesamt wieder nur eine schwache Eissaison mit wechselhafter Eisbedeckung entwickelte. Vereisungshöhepunkte lagen Anfang Februar (Abbildung 3.6), um den 21. Februar sowie Mitte März. Die Eisbedeckung beschränkte sich im wesentlichen auf den Nordteil des Bottnischen Meerbusens und den östlichen Finnischen Meerbusen (meist östlich von Hogland) sowie auf den Küsteneisgürtel in der Bottensee, im westlichen Finnischen Meerbusen und im Rigaischen Meerbusen. Die größten Eisdicken wurden in der zweiten Märzhälfte erreicht (siehe Abbildung 3.7). Bereits Mitte Mai, zwei Wochen früher als üblich, wurde der nördliche Bottenvik bis auf einzelne treibende Eisblöcke eisfrei.

Der Eisdienst des BSH stellte seine routinemäßige Berichterstattung am 14. Mai ein, zwei Wochen früher als im langjährigen Durchschnitt. Seit dem Beginn der Berichterstattung am 6. Dezember 2001 veröffentlichte er 105 Ausgaben des Eisberichtes und 45 Eiskarten.

The ice winter of 2001/02 was weak, also in the northern regions of the Baltic Sea (Finnish Ice Service, 2002; Lundquist, Gullne, 2002). The first ice of this winter formed on 6 November 2001 on the northeast coast of the Bay of Bothnia at about the normal date (based on the period from 1961 – 1990). In the following two weeks, temperatures of the coastal waters decreased gradually, and around 19 November - about the normal date - ice formation in the easternmost part of the Gulf of Finland also covered the approaches to St. Petersburg and Vyborg. After this, the ice development proceeded slowly at first because milder weather prevailed. In early December, under the influence of a high pressure system, a rather intensive ice formation phase began which led to a considerable seaward growth of the ice cover in the Bay of Bothnia by the end of the year. Only the central part of this sea area between 65° and 63°45'N was still free of ice. In the eastern part of the Gulf of Finland, the edge of sea ice extended westward and reached Hogland. However, as in the past years, the ice season remained weak with a variable ice cover due to frequent mild spells. Maxima of ice formation occurred at the beginning of February (Figure 3.6) and around 21 February as well as in mid-March. Ice coverage was limited mainly to the northern part of the Gulf of Bothnia and the eastern Gulf of Finland (mostly east of Hogland) as well as the belt of ice along the coasts of the Sea of Bothnia, in the western Gulf of Finland, and in the Gulf of Riga. The maximum ice thicknesses were reached in the second half of March (Figure 3.7). As early as mid-May, two weeks earlier than normal, the northern Bay of Bothnia was ice-free, with just a few growlers left.

The Ice Service of the BSH ended its seasonal reporting on 14 May, two weeks earlier than the long-term mean. Since its first seasonal ice report on 6 December 2001, it had published 105 issues of the ice report and 45 ice maps.

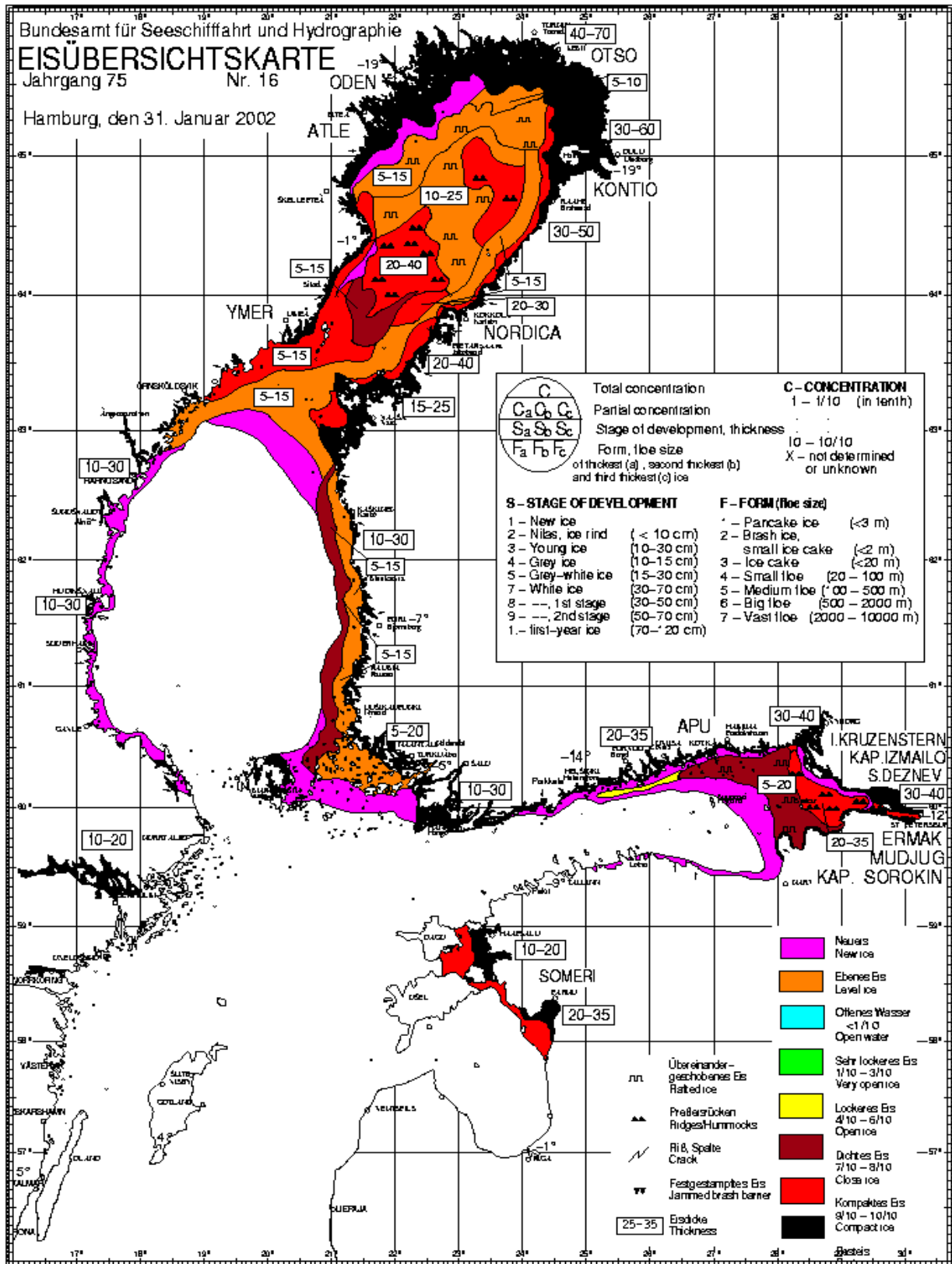


Abbildung 3.6. Eisübersichtskarte vom 31. Januar/1. Februar mit der maximalen Eisausdehnung im Winter 2001/02 (102,000 km²; Finnischer Eisdienst, 2002)
 Figure 3.6. Ice map from 31st January/1st February with the maximum ice extent in the winter of 2001/02 (102,000 km²; Finish Ice Service, 2002)

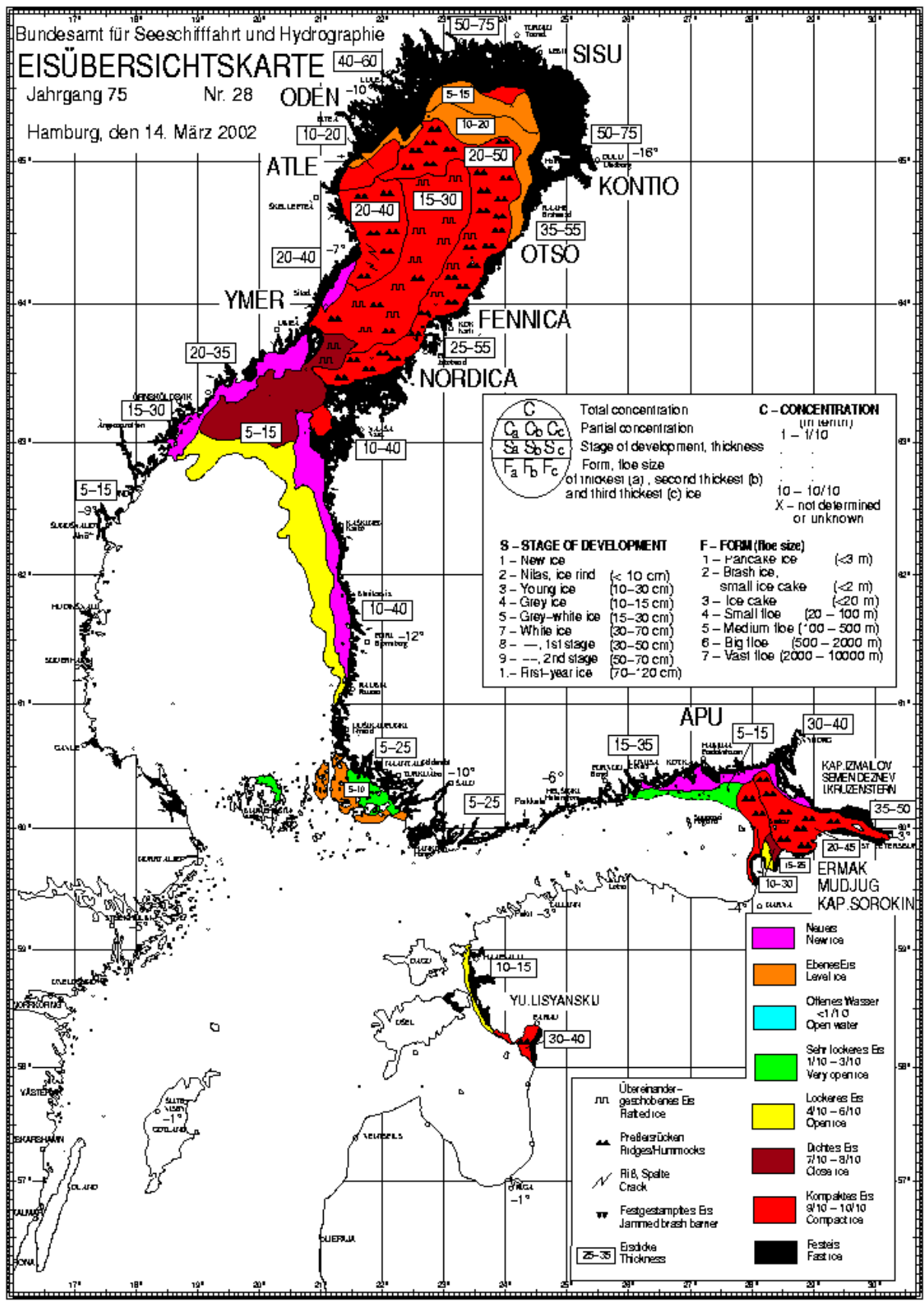


Abbildung 3.7. Eisübersichtskarte vom 14. März mit dem Höchststand der Eisentwicklung im Winter 2001/02

Figure 3.7. Ice map from 14th March with the maximum ice development in the winter of 2001/02

4. Der Eiswinter 2002/03 an den deutschen Nord- und Ostseeküsten The Ice Winter of 2002/03 on the German North Sea and Baltic Sea Coasts

Die Stellung des Eiswinters 2002/03 im Vergleich zu früheren Eiswintern

Der Winter 2002/03 war in Hinblick auf die erzeugte Eismenge, die Dauer der Eisbedeckung und die eisbedingten Schifffahrtsbehinderungen im deutschen Küstengebiet ein **mäßiger** Eiswinter. Mäßige Eiswinter kommen in der westlichen und südlichen Ostsee mit einer Häufigkeit von 39% vor (Bezugszeitraum 1901 bis 2000). Der letzte Winter dieses Typs wurde vor sechs Jahren (1996/97) registriert, danach gab es nur schwache Eiswinter. Die flächenbezogene Eisvolumensumme betrug im Winter 2002/03 für die Nordseeküste 0,53 m und für die Ostseeküste 1,15 m (Abbildung 4.1). In der 100-jährigen Beobachtungsreihe liegt diese Eissaison entsprechend dem Grad der Eisentwicklung im mittleren Bereich: Seit 1901 hatten nur 42 Winter mehr Eis als der vergangene Eiswinter 2002/03.

Verlauf des Eiswinters

Wetterentwicklung

Der Winter 2002/03 kann unter meteorologischen Gesichtspunkten nach sechs milden Wintern erstmals wieder als normal eingestuft werden (Heinemann, 2003). Perioden mit niedrigen Lufttemperaturen verteilten sich ziemlich einheitlich auf die Monate Dezember, Januar und Februar. Die Tabelle 4.1 gibt eine generelle Übersicht über die Lufttemperaturen des Winters 2002/03. Während die Novembertemperatur nahezu durchschnittlich war, wurde im Norden und Osten Deutschlands bereits in der ersten Dezemberhälfte eine markante Kälteperiode registriert (siehe Abbildung 4.2). Zu dem Zeitpunkt war über dem östlichen Mitteleuropa sehr hoher Luftdruck zu verzeichnen, der sich ursprünglich über Nordeuropa aufgebaut hatte und sich dann etwas südostwärts verlagerte. Diese Wetterlage, die am häufigsten für die Neueisbildung in den deutschen Küstenbereichen verantwortlich ist (Blüthgen, 1954), leitete auch im Winter 2002/03 die erste Eisbildungsperiode ein. Zum Monatsende setzte sich mit westlichen bis südwestlichen Winden milde Meeresluft durch. Doch bereits in den ersten Januartagen floss zwischen hohem Druck über Skandinavien und tiefem Druck über Osteuropa erneut Kaltluft in den südlichen Ostseeraum ein. In der ersten Januardekade wurden auch die strengsten Fröste gemessen (Abbildung 4.2), die die zweite Eisbildungsperiode an den deutschen Küsten einleiteten und zur Intensivierung der Vereisung in den inneren Gewässern der Ostseeküste führten. Ab Mitte Januar gelangte mit west-

Position of the ice winter of 2002/03 compared to earlier ice winters

Based on the quantity of ice, duration of ice coverage, and restrictions to navigation due to ice formation, the winter of 2002/03 in the German coastal regions was classified as a **moderate** ice winter. The frequency of moderate ice winters in the western and southern Baltic is 39% (reference period 1901 – 2000). The last winter of this type occurred six years ago (1996/97), after it there were only mild ice winters. The accumulated areal ice volume was 0.53 on the North Sea coast, and 1.15 on the Baltic Sea coast (Figure 4.1). In the 100-year observation period, this ice season ranks in the middle with respect to ice development: only 42 winters since 1901 have had more ice than the ice winter of 2002/03.

Development of the ice winter

Weather development

The winter of 2002/03 was under meteorological aspects the first winter, after six mild winters, which can be classified as normal (Heinemann, 2003). Periods with low air temperatures were distributed rather evenly through December, January, and February. Table 4.1 gives an overview of air temperatures in the winter of 2002/03. While November had more or less average air temperatures, a major cold spell occurred in the north and east of Germany as early as the first half of December (Figure 4.2). At that time, very high air pressure prevailed over the eastern part of Middle Europe which had built up over northern Europe and moved somewhat to the southeast. This weather situation, which most often leads to the development of new ice in the German coastal areas (Blüthgen, 1954), also initiated the first period of ice formation in the winter of 2002/03. Toward the end of the month, mild maritime air was transported into the area by westerly to southwesterly winds. This mild spell ended during the first days of January, when high pressure over Scandinavia and low pressure over eastern Europe again brought cold air into the southern Baltic area. The lowest freezing temperatures of this winter were recorded in the first decade of January (Figure 4.2). They introduced the second freezing period on the German coasts and led to intensive ice formation in the inner coastal waters of the Baltic Sea. From mid-January, a low-pressure system over the Norwegian Sea with gale-force westerly winds on its front brought

lichen Winden auf der Vorderseite eines Sturmtiefs über der Norwegischen See mildere Meeresluft nach Norddeutschland. Damit wurde diese Eisbildungsperiode beendet. Die Lufttemperaturen stiegen überall über den Gefrierpunkt, und der Eisrückgang setzte an den deutschen Küsten ein. In der dritten Januardekade wurden alle Fahrwasser eisfrei. Ab dem 10. Februar gelangten die Küstenregionen in den Einflussbereich eines ausgedehnten hochreichenden Hochdruckgebietes über Europa. Der Zustrom kalter Festlandsluft aus dem Osten dauerte bis Anfang März und war verantwortlich für die zweite Vereisungsperiode an der Ostseeküste und für die dritte an der Nordseeküste. Besonders lang und schwierig war diese Eisperiode in den östlichen Fahrwasserabschnitten. Aber auch hier wurde die Kaltluft in der zweiten Märzwoche von Ausläufern eines umfangreichen Tiefs über dem Atlantik verdrängt, und am 14. März ging die Eissaison 2002/03 in den deutschen Küstenbereichen zu Ende.

milder maritime air to North Germany and ended this freezing period. Air temperatures everywhere rose above zero, and the ice along the German coasts retreated. By the third decade of January, all fairways were free of ice. From 10 February, an extensive anticyclonic system over Europe influenced weather conditions in the coastal regions. The inflow of cold continental air from the east continued until early March, causing the second freezing period on the Baltic Sea coast and the third freezing period on the North Sea coast. This cold spell lasted particularly long in the area of the eastern fairway sections, where navigation was difficult. However, in the second week of March, the trough of a large low-pressure system over the Atlantic pushed the cold air out of the area, and on 14 March the 2002/03 ice season in the German coastal waters ended.

Tabelle 4.1. Monatsmittelwerte der Lufttemperatur (°C) im Winter 2002/03 und ihre Abweichungen in (K) vom Klimamittel 1961 bis 1990 (Angaben des DWD)

Table 4.1. Mean monthly air temperatures (°C) in the winter of 2002/03 and their deviations (K) from the climatic mean 1961 to 1990 (data from German Weather Service)

Station	November		December		January		February		March	
	°C	K	°C	K	°C	K	°C	K	°C	K
Norderney	6,0	-0,3	0,7	-2,5	1,8	0,2	0,3	-1,5	5,4	2,2
Schleswig	4,5	-0,4	0,2	-1,5	0,6	0,3	-1,4	-2,0	4,5	1,7
Greifswald	4,0	-0,6	-1,7	-2,8	-0,1	0,5	-2,5	-2,5	3,4	0,7

Eisverhältnisse

Der Verlauf des Eiswinters 2002/03 an den Nord- und Ostseeküsten ist in Abbildung 4.1 dargestellt. Die Kurven für die Nord- und Ostseeküste veranschaulichen die Eiszunahme durch Aufsummierung der Tage mit Eis unter Berücksichtigung der Eisdicke und des Bedeckungsgrades (flächenbezogenes Eisvolumen). Der Endpunkt der Kurve gibt den Wert der flächenbezogenen Eisvolumensumme des Winters an. Im Vergleich dazu enthält Abbildung 4.2 die Pentadenmittel der Lufttemperatur von Norderney, Schleswig und Greifswald. Die drei Kälteperioden korrespondieren jeweils mit einem Aufstieg des Eisvolumens. Neben Faktoren wie der Wassertemperatur (siehe Abbildung 4.3) und dem Salzgehalt des Wassers, der Wassertiefe, der Lage des Küstenabschnittes und den Windverhältnissen sind für das Auftreten von Eis und für die Intensität der Eisbildung die Lufttemperatur von entscheidender Bedeutung.

Ice conditions

The development of ice winter of 2002/03 on the North and Baltic Sea coasts is shown in Figure 4.1. The curves illustrate the development of ice conditions by summing up continuously the days with ice, based on ice thickness and area covered (areal ice volume). The end point of the curve indicates the total accumulated areal ice volume of the winter. By comparison, Figure 4.2 shows the running five-day means of air temperatures at Norderney, Schleswig, and Greifswald. Three cold spells are corresponding with a rise of ice volume, respectively. Apart from factors like water temperature (Figure 4.3), salinity of the water, water depth, location of the coastal section, and wind conditions, the dominant factor in the development of ice and intensity of ice formation is the air temperatures.

Das Nordseegebiet verzeichnete im Verlauf des Eiswinters 2002/03 drei Eisperioden, deren intensivste im Zeitraum Anfang bis Mitte Januar zu verzeichnen war (siehe Abbildung 4.4). Das erste Eis bildete sich am 11. Dezember auf der Elbe oberhalb von Glückstadt, in kleineren Häfen an der Küste und in den inneren Wattenbereichen (siehe Tabelle 4.2). Eine Woche später erfasste die Eisbildung die Bereiche der unteren Ems und Weser. Infolge der zu Weihnachten einsetzenden Tauwetterperiode schmolz das überwiegend lockere und dünne Eis sehr schnell, und zum Jahresende waren alle Bereiche der Nordseeküste wieder eisfrei. Wenige Tage später setzte erneut Eisbildung ein, zunächst im Hafen Tönning und in den inneren Nordfriesischen Watten, später in allen anderen Küstenbereichen. In dieser Eisperiode erreichte die Vereisung der Nordseeküste ihren maximalen Stand: Die Dicken des meist lockeren Eises variierten von 5 bis 20 cm an der ostfriesischen Küste, von 5 bis 15 cm auf der Elbe unterhalb von Glückstadt und von 10 bis 30 cm oberhalb davon. An der nordfriesischen Küste war das dicke bis sehr dicke Eis 15 bis 30 cm dick. Im Nord-Ostsee-Kanal kam sehr lockeres bis lockeres 5 bis 10 cm dickes Treibeis vor. Schiffsfahrtsbehinderungen traten vor allem im Nordfriesischen Wattengebiet auf. Der Hafen Tönning war vom 06. bis 15. Januar geschlossen (siehe Tabelle 4.3). Die Mitte Februar eingetretene dritte Kälteperiode führte für ca. 10 Tage nur an der nordfriesischen Küste zum Auftreten von dünnem Eis. Am 26. Februar war die Eissaison 2002/03 an der Nordseeküste beendet. Die längste Vereisungsdauer wiesen der Hafen Tönning und der Seebereich Eiderdamm mit 49 bzw. 56 Tagen auf. Ansonsten variierte die Anzahl der Tage mit Eis von 1 bis 3 Wochen auf den Unterläufen von Elbe, Ems und Weser bis zu 5 Wochen an der nordfriesischen Küste.

Ostseeküste

Das erste Eis bildete sich zwischen dem 8. und dem 13. Dezember von Ost nach West fortschreitend in den Boddengewässern Mecklenburg-Vorpommerns und in den inneren Fahrwassern der Ostseeküste (siehe Abbildung 4.5 und Tabelle 4.4). Bis Weihnachten setzte sich die Eisentwicklung fort, beschränkte sich aber im wesentlichen auf flachere geschützt liegende Küstengewässer. Nach den Feiertagen waren die Boddengewässer südlich von Darß und Zingst, zwischen Rügen und Hiddensee, die Randbereiche des Greifswalder Boddens sowie der Peenestrom südlich von Wolgast und das Kleine Haff mit einer 10 bis 20 cm dicken Festeisdecke überzogen. Im Strelasund wurden Schiffe mit niedriger Maschinenleistung durch sehr dichtes 15 bis 20 cm dickes Eis behindert. In den Häfen

The North Sea region had three freezing periods during the winter of 2002/03, the most intensive of which lasted from early to mid-January (see Figure 4.4). First ice formed on the river Elbe upstream of Glückstadt, in small coastal harbours and in the inner Wadden Sea areas on 11 December (Table 4.2). One week later, ice also formed in the area of the lower Ems and Weser. Because of the thawing period setting in at Christmas, the mostly open, thin ice melted quickly, and by the end of the year all parts of the North Sea coast were free of ice. After an interruption of a few days, ice formation began again in the harbour of Tönning and in the inner Wadden Sea areas of North Friesland, followed by all other coastal areas. During this freezing spell, ice formation on the North Sea coast reached its maximum: the thickness of the mostly open ice ranged from 5 – 20 cm on the East Friesian coast, 5 – 15 cm on the Elbe downstream of Glückstadt, and 10 – 30 cm upstream of it. On the coast of North Friesland, the close to very close ice was 15 – 30 cm thick. Kiel Canal had very open to open drift ice of 5 to 10 cm thickness. Restrictions to navigation occurred mainly in the Wadden Sea regions of North Friesland. The harbour of Tönning was closed from 6 to 15 January (Table 4.3). The third cold spell beginning in mid-February led to the development of thin ice on the North Friesian coast during about 10 days. The 2002/03 ice season on the North Sea coast ended on 26 February. The ice lasted longest in the harbour of Tönning and in the Eiderdamm sea area, at 49 and 56 days respectively. In other places the number of days with ice varied between 1 to 3 weeks on the lower reaches of the Elbe, Ems, and Weser rivers and 5 weeks on the coasts of North Friesland.

Baltic Sea coast

First ice formed in the Bodden waters of Mecklenburg-Vorpommern and in the inner fairways of the Baltic coast between 8 and 13 December, progressing from east to west (Figure 4.5 and Table 4.4). The ice development continued until Christmas but was limited mainly to shallow, protected coastal waters. After the holidays, the Bodden waters south of Darß and Zingst, between Rügen and Hiddensee, the margins of Greifswalder Bodden as well as the Peenestrom south of Wolgast and Kleines Haff were covered with 10 – 20 cm of fast ice. In the Strelasund, low-powered vessels were hindered by very close, 15 – 20 cm thick ice. Thin open drift ice formed in the harbours of Rostock, Wismar, Neustadt and Kiel as well as on the inner Schlei. With rising air temperatures toward the end of the year, the devel-

Rostock, Wismar, Neustadt und Kiel sowie auf der inneren Schlei war lockerer dünnes Treibeis anzutreffen. Mit steigenden Lufttemperaturen am Jahresende stagnierte die Eisentwicklung in den Boddengewässern: Die Eisdecke wurde teilweise morsch, die Eisdicke nahm leicht ab. In den Häfen und äußeren Fahrwasserabschnitten verlief der Eisrückgang schnell, das Eis schmolz bis auf unbedeutende Reste ab. Diese Tauwetterperiode dauerte an der Ostseeküste nur einige Tage, und während des nächsten Kälteeinbruchs Anfang Januar verstärkte sich die Vereisung der inneren Gewässer, und die Eisbildung begann in allen Fahrwassern der deutschen Ostseeküste. Hochdruckeinfluss und sehr kalte Luft bestimmten das Wetter fast zwei Wochen lang. Die Temperaturen sanken nachts teilweise bis zu -18 °C in Ueckermünde oder bis zu $-17,5\text{ °C}$ in Lübeck ab. Bei überwiegend schwachen Winden nahmen die Eisbedeckung und Eisdicke in allen Abschnitten der Küste rasch zu. Am 10. Januar wurde der erste Höchststand der Vereisung an der deutschen Ostseeküste erreicht. Zu diesem Zeitpunkt trieben entlang der Nord- und Ostküste Rügens und in der Pommerschen Bucht bis zu 8 cm dicke Eisschollen, Pfannkucheneis oder Neueis. In den Häfen Flensburg, Eckernförde, Kiel, Neustadt, Lübeck und Travemünde sowie teilweise in deren Zufahrten kam 5 bis 10 cm dickes Eis oder Neueis vor. Die innere Schlei war mit 15-30 cm dickem Festeis bedeckt. Im Fahrwasser nach Wismar, im Stadthafen Rostock und auf der Unterwarnow wurden Schiffe mit geringer Maschinenleistung durch eine geschlossene 10 bis 20 cm dicke Eisdecke behindert. In den Rostocker Seehäfen trat Neueis auf. In der Nordansteuerung zum Hafen Stralsund lag eine 20 bis 30 cm dicke Festeisdecke, die Zufahrt nach Stralsund erfolgte nur noch über die Ostansteuerung. Hier wurden die Fahrinnen im Strelasund und im zentralen Teil des Greifswalder Boddens durch eine bis zu 30 cm dicken geschlossenen Eisdecke gebrochen. In der Landtiefrinne und im Osttief sowie in den Außenbereichen des Greifswalder Boddens trieb lockeres 10 bis 15 cm dickes Eis, Eisbrei oder Neueis. In den Häfen Sassnitz und Mukran kamen dünnes Eis und Neueis vor. Im nördlichen Peenestrom war die Eisdecke 10-20 cm, von Wolgast südwärts bis zum Kleinen Haff 15-25 cm dick. In den Boddengewässern erreichte die Dicke des Festeises 15 bis 30 cm. Im südlichen Peenestrom, auf dem Peenefluß und im Kleinen Haff fand kein Eisauflauf statt, die Schifffahrt wurde eingestellt. Am 12. Januar setzte sich von Westen her allmählich mildere Luft in den Küstengebieten durch. Bedingt durch Temperaturen bis zu 6 °C , zeitweiligen Regen und lebhaftere südliche bis südwestliche Winde schmolz das Eis in der Tauwetterperiode von Mitte bis Ende Januar in allen Küstenabschnitten relativ schnell. Bereits am 20. Januar waren fast alle Fahrwasser eisfrei, nur in den kleineren Häfen und Boddengewässern ka-

oment of ice in the Bodden waters stagnated: the ice cover became partly rotten, and the ice thickness decreased slightly. In the harbours and outer fairway sections, the ice melted quickly and disappeared, with just a few local remnants of ice. This spell of thaw weather lasted just a few days in the Baltic coastal area, and the next cold spell in early January caused more intensive ice formation in the inner waters, with ice beginning to form in all fairways of the German Baltic Sea. An anticyclonic system and very cold air determined the weather for almost two weeks. Night temperatures dropped to -18 °C in Ueckermünde, and -17.5 °C in Lübeck. With predominantly weak winds, the extent and thickness of ice increased quickly in all areas of the coast. The first maximum of ice formation on the German Baltic Sea coast was reached on 10 January. At that date, floes up to 8 cm thick, pancake ice and new ice were observed drifting along the north and east coasts of Rügen and in the Pomeranian Bight. Ice or new ice of 5 – 10 cm thickness occurred in the harbours of Flensburg, Eckernförde, Kiel, Neustadt, Lübeck, and Travemünde, and also in some of the approaches. The inner Schlei was covered with 15-30 cm thick fast ice. In the fairway to Wismar, the inner harbour of Rostock, and on the Unterwarnow, low-powered vessels were hindered by a 10 – 20 cm thick ice cover. New ice formed in the sea harbour of Rostock. 20 - 30 cm thick fast ice covered the northern approach to the harbour of Stralsund, and vessels had to use the eastern approach. The navigation channels in the Strelasund and central part of Greifswalder Bodden, which were covered by ice up to 30 cm thick, were kept open by icebreakers. Open 10 – 15 cm thick ice, shuga and new ice drifted in the Landtiefrinne and Osttief as well as in the outer areas of Greifswalder Bodden. Thin ice and new ice occurred in the harbours of Sassnitz and Mukran. In the northern Peenestrom the ice cover was 10 – 20 cm thick, and 15 – 25 cm south of Wolgast to the area of Kleines Haff. In the Bodden waters, the thickness of fast ice reached 15 – 30 cm. In the southern part of Peenestrom, on the Peene river and Kleines Haff, navigation was impossible because icebreakers were not deployed. From 12 January, westerly winds brought milder air into the coastal region. Due to mild temperatures of up to 6 °C , temporary rainfall, and fresh S to SW winds, the ice in all coastal areas disappeared rather quickly during the thawing period from mid- to late January. As early as 20 January, all fairways were practically free of ice, with some brittle ice remaining locally. The Kamminke station on the northern shore of Kleines Haff, which was the last station to report its waters ice-free on 30 January, again reported a complete new-ice cover in its area on 1 February. This third ice freezing period on the Baltic coast was initiated by the third cold spell of the season, which was not the coldest but the longest one in the winter of 2002/03 and was

men örtlich noch morsche Eisreste vor. Die Station Kamminke am Nordufer des Kleinen Haffs, die sich am 30. Januar als letzte eisfrei gemeldet hatte, meldete bereits am 1. Februar über eine geschlossene Neueisdecke in ihrem Sichtbereich. Diese dritte Eisbildungsperiode an der Ostseeküste wurde durch die dritte Kälteperiode eingeleitet, die zwar nicht die kälteste, aber die längste des Winters 2002/03 war. Sie fiel in den östlichen Küstenabschnitten stärker aus als in den westlichen. Bereits in den ersten Februartagen begann die Eisbildung in den flachen und geschützt liegenden Bereichen der Boddengewässer, zur Monatsmitte griff die Vereisung auf die inneren Hauptfahrwasser über, und am 26. Februar wurde der zweite Höchststand der Eisentwicklung an der deutschen Ostseeküste im Winter 2002/03 registriert. Das Eis war zwar nicht so dick wie im Januar, aber seine Ausdehnung erreichte größere Ausmaße (siehe Abbildung 4.6). Mit der Beendigung dieser Eisperiode am 14. März ging auch die Eissaison 2002/03 zu Ende. Insgesamt gab es zwischen 55 und 93 Tage mit Eis in den Boddengewässern der Küste Mecklenburg-Vorpommerns, um die 50 Tage in den Stralsunder Fahrwassern, um die 60 Tage in den Häfen Rostock und Wismar, 15 bis 30 Tage in den Häfen der Lübecker und Kieler Bucht. Die innere Schlei war 65 Tage mit Eis bedeckt, und an den östlichen Außenküsten wurde an bis zu 14 Tagen (Koserow, Sassnitz) dünnes Eis oder Neueis beobachtet. Die Behinderungen für die Schifffahrt traten hauptsächlich in den östlichen Fahrwassern auf, wo das Eis am dicksten war und am häufigsten zusammengeschoben wurde (siehe Tabelle 4.5). Die Nordzufahrt nach Stralsund, der südliche Peenestrom, der Peenefluß und das Kleine Haff waren für die Schifffahrt zeitweise geschlossen. Die Eisbrecher STEPHAN JANTZEN und FRANKFURT sowie Schlepper und Tonnenleger der Wasser- und Schifffahrtsämter waren in allen Fahrwassern während des Eiswinters 2002/03 im Einsatz.

colder on the eastern coast than in the western parts of the coast. Ice formation began in the shallow, protected areas of the Bodden waters during the first days of February and also began to cover the main inner fairways by mid-February. On 26 February, the second maximum of ice development in the winter of 2002/03 was recorded on the German Baltic coast. Although the ice was not as thick as in January, its extent exceeded that of January (Figure 4.6). The end of this freezing period on 14 March also marked the end of the ice season of 2002/03. The total number of days with ice was 55 to 93 in the Bodden waters of the coast of Mecklenburg-Vorpommern, about 50 days in the fairways of Stralsund, some 60 days in the harbours of Rostock and Wismar, 15 to 30 days in the harbours of the Bays of Lübeck and Kiel. The inner Schlei was ice-covered on 65 days, and on the eastern outer coasts thin ice or new ice was observed for up to 14 days (Koserow, Sassnitz). Navigation was restricted primarily in the eastern fairways, where the ice was thickest and rafting was most frequent (Table 4.5). The northern approach to the harbour of Stralsund, the southern Peenestrom, the Peene river, and Kleines Haff were temporarily closed to navigation. The icebreakers STEPHAN JANTZEN and FRANKFURT as well as several tugs and buoy tenders of the Waterways and Shipping Authorities were deployed in all fairways during the ice winter of 2002/03.

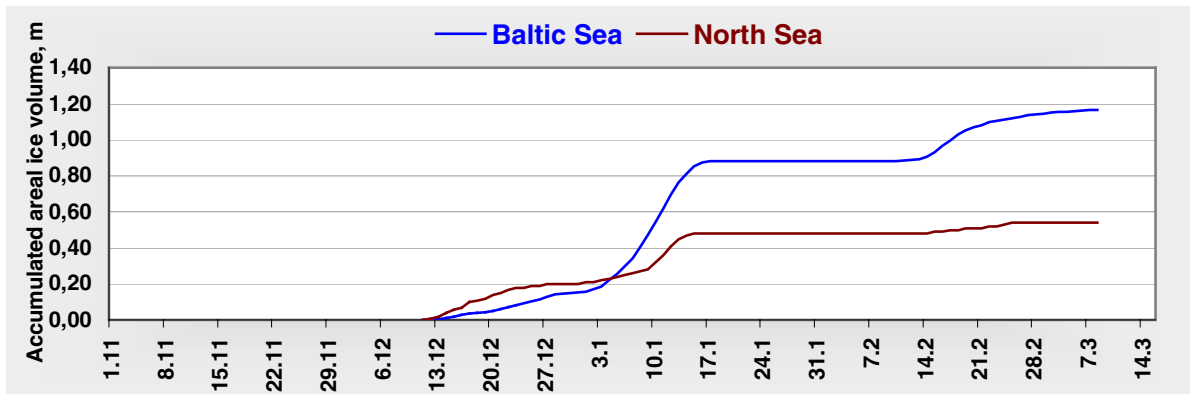


Abbildung 4.1. Akkumuliertes flächenbezogenes Eisvolumen an der Nord- und Ostseeküste im Winter 2002/03

Figure 4.1. Accumulated areal ice volume in the coastal areas of the North and Baltic Seas in the winter of 2002/03

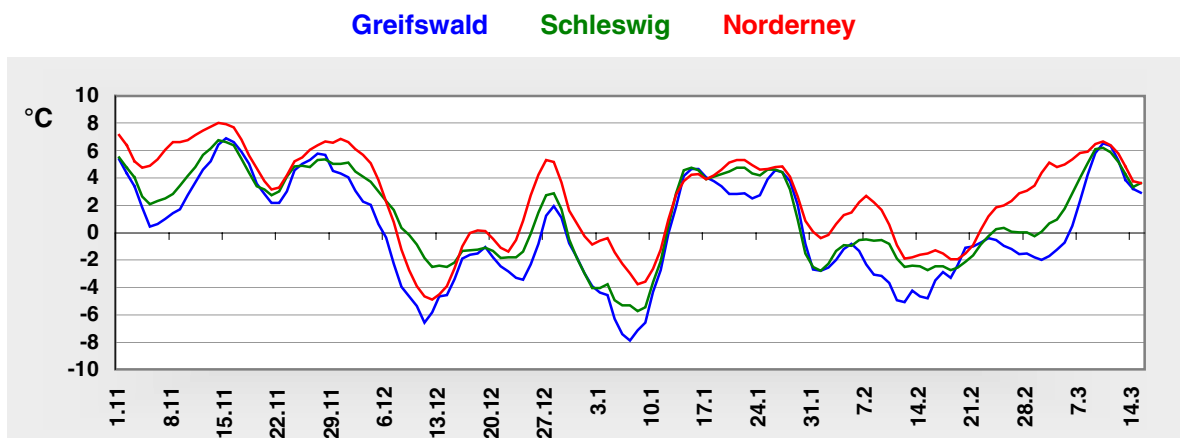


Abbildung 4.2. Pentadenmittel der Lufttemperatur im Winter 2002/03 (nach Daten vom Deutschen Wetterdienst)

Figure 4.2. Running 5-day means of air temperatures in the winter of 2002/03 (data from German Weather Service)

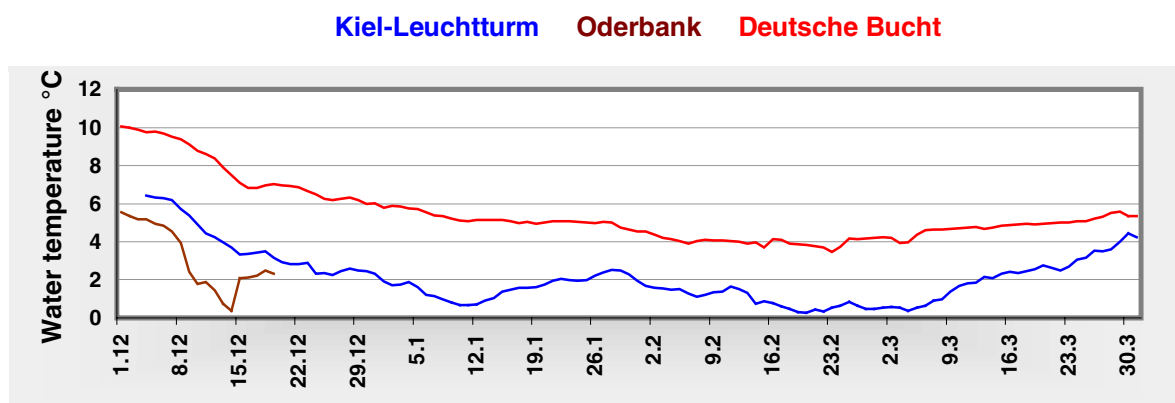


Abbildung 4.3. Tagesmittel der Wassertemperatur in der Kieler Bucht (Station Kiel-Leuchtturm, Oberfläche), in der Pommerschen Bucht (Station Oderbank, 3 m Tiefe, keine Messungen ab 20.12.2002) und in der Deutschen Bucht im Winter 2002/03 (Angaben des BSH)

Figure 4.3. Daily means of water temperatures at Kiel lighthouse, Oderbank (no data from 20.12.2002), and in the German Bight in the winter of 2002/03 (data from the Federal Maritime and Hydrographic Agency of Germany)

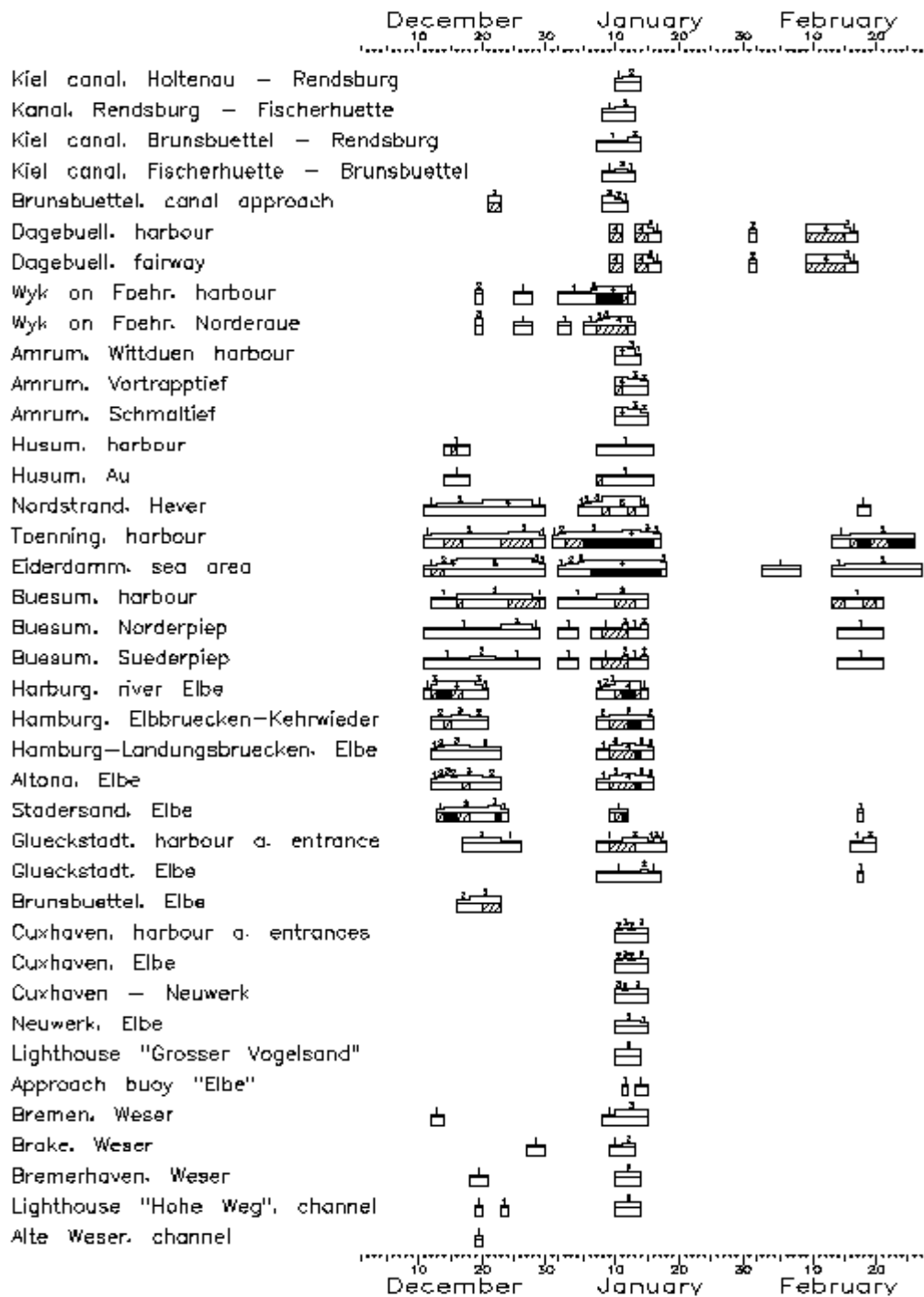


Abbildung 4.4. Bedeckungsgrad und Dicke des Eises in den Fahrwasserabschnitten und Häfen an der deutschen Nordseeküste im Winter 2002/03
 Figure 4.4. Ice concentration and thickness in the fairways and harbours of the German North Sea coast in the winter of 2002/03

Fortsetzung der Abbildung 4.4
Continuation of the Figure 4.4

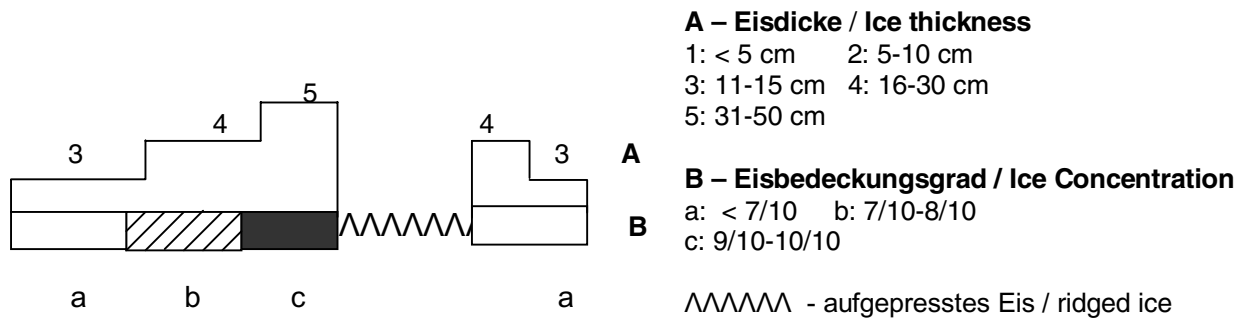
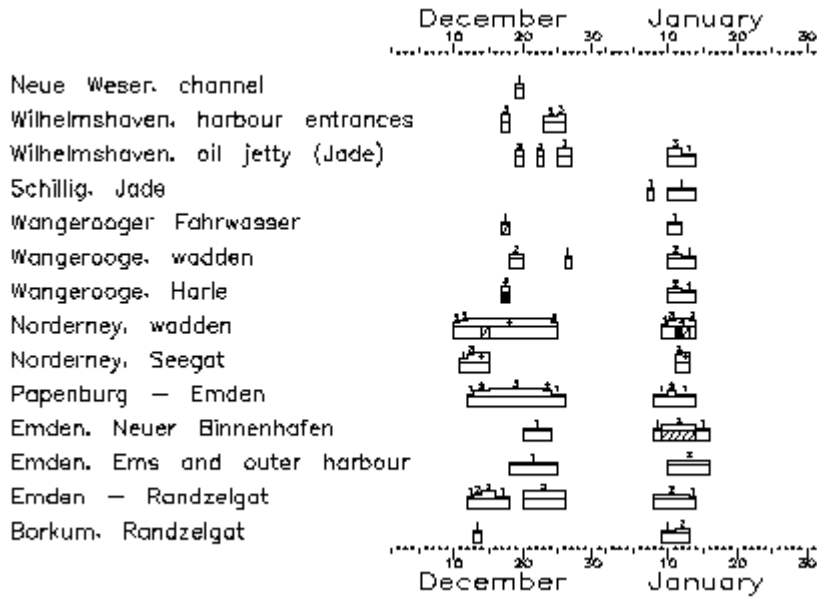


Tabelle 4.2. Eisverhältnisse in den Gewässern der deutschen Nordseeküste im Winter 2002/03
 Table 4.2. Ice conditions in the waters of the German North Sea coast in the winter of 2002/03

Observation station	Beginning of ice occurrence	End ice occurrence	Number of days with ice	Max. ice thickness cm
Kiel canal, Holtenau - Rendsburg	10.01.	13.01.	4	8
Kiel canal, Rendsburg - Fischerhütte	08.01.	12.01.	5	5
Kiel canal, Brunsbüttel - Rendsburg	07.01.	13.01.	7	5-10
Kiel canal, Fischerhütte - Brunsbüttel	08.01.	12.01.	5	5
Brunsbüttel, canal approach	21.12.	11.01.	6	10
Dagebüll, harbour	09.01.	16.02.	15	15-30
Dagebüll, fairway	09.01.	16.02.	15	20
Wyk on Föhr, harbour	19.12.	12.01.	16	20
Wyk on Föhr, Norderaue	19.12.	12.01.	14	20
Amrum, Wittdün harbour	10.01.	13.01.	4	20
Amrum, Vortrapptief	10.01.	14.01.	5	30
Amrum, Schmaltief	10.01.	14.01.	5	30
Husum, harbour	14.12.	15.01.	13	4
Husum, Au	14.12.	15.01.	13	5
Nordstrand, Hever	11.12.	18.02.	32	5-10
Tönning, harbour	11.12.	25.02.	49	15-30
Eiderdamm, sea area	11.12.	26.02.	56	20
Büsum, harbour	12.12.	20.02.	40	8
Büsum, Norderpiep	11.12.	20.02.	37	8
Büsum, Süderpiep	11.12.	20.02.	37	8
Harburg, river Elbe	11.12.	14.01.	18	20
Hamburg, Elbbrücken - Kehrwieder	12.12.	15.01.	18	15
Hamburg-Landungsbrücken, Elbe	12.12.	15.01.	20	15-30
Altona, Elbe	12.12.	15.01.	20	15-30
Stadersand, Elbe	13.12.	17.02.	15	10-15
Glückstadt, harbour and entrance	17.12.	19.02.	24	5-10
Glückstadt, Elbe	07.01.	17.02.	11	5-10
Brunsbüttel, Elbe	16.12.	22.12.	7	10-15
Cuxhaven, harbour and entrance	10.01.	14.01.	5	10-15
Cuxhaven, Elbe	10.01.	14.01.	5	10-15
Cuxhaven - Neuwerk	10.01.	14.01.	5	10-15
Neuwerk, Elbe	10.01.	14.01.	5	5-10
Lighthouse Großer Vogelsand	10.01.	13.01.	4	10-15
Approach buoy Elbe	11.01.	14.01.	3	< 5
Bremen, Weser	12.12.	14.01.	9	12
Brake, Weser	27.12.	12.01.	7	5-10
Bremerhaven, Weser	18.12.	13.01.	7	10-15
Hohe-Weg - lighthouse, channel	19.12.	13.01.	6	10-15
Alte Weser, channel	19.12.	19.12.	1	< 5
Neue Weser, channel	19.12.	19.12.	1	< 5
Wilhelmshaven, harbour entrances	17.12.	25.12.	4	15
Wilhelmshaven, oil jetty (Jade)	19.12.	13.01.	8	10-15
Schillig, Jade	07.01.	13.01.	5	< 5
Wangerooge, fairway	17.12.	11.01.	3	< 5
Wangerooge, wadden	18.12.	13.01.	7	5-10
Wangerooge, Harle	17.12.	13.01.	5	5-10
Norderney, wadden	10.12.	13.01.	20	20
Norderney, Seegat	11.12.	12.01.	6	15
Papenburg - Emden	12.12.	13.01.	20	10-15
Emden, new inner harbour	20.12.	15.01.	12	5-10
Emden, Ems and outer harbour	18.12.	15.01.	13	5-10
Ems, Emden - Randzelgat	12.12.	13.01.	18	15
Borkum, Randzelgat	13.12.	12.01.	5	5-10

Tabelle 4.3. Schifffahrtsverhältnisse in den Gewässern der deutschen Nordseeküste im Eiswinter 2002/03

Table 4.3. Navigation conditions in the waters of the German North Sea coast in the winter of 2002/03

Observation station	Days with $K_B=2^*$	Days with $K_B=3,5,6^*$	Days with $K_B=8,9^*$
Dagebüll, harbour	10		
Dagebüll, fairway	10		
Wyk auf Föhr, harbour	2	2	
Wyk auf Föhr, Norderaue	1		
Amrum, Vortrapptief	2		
Nordstrand, Hever	6		
Tönning, harbour	30		10
Eiderdamm, sea area	5	9	
Büsum, harbour	4		
Harburg, Elbe	2		
Hamburg-Landungsbrücken, Elbe	1		
Altona, Elbe	1		
Wangerooge, wadden	1		
Wangerooge, Harle	1		
Norderney, wadden	4		
Papenburg - Emden	2		
Emden, new inner harbour	1	5	
Emden, Ems und outer harbour	2		

* Schlüsselzahlen nach dem Ostsee-Eiskode

* Code numbers according to the Baltic Sea Ice Code

- $K_B=2$ Schifffahrt für Schiffe mit niedriger Maschinenleistung schwierig, für Holzschiffe nicht ratsam
Navigation difficult for low-powered vessels, for wooden vessels not advisable
- $K_B=3,5,6$ Schifffahrt ist nur für stark gebaute und für die Eisfahrt geeignete Schiffe mit hoher
Maschinenleistung möglich (ohne oder mit Eisbrecherunterstützung)
Navigation is possible only for high-powered vessels of strong construction and suitable for
navigation in ice (without or with icebreaker assistance)
- $K_B=8,9$ Schifffahrt ist vorübergehend eingestellt oder hat aufgehört
Navigation is temporarily closed or has ceased

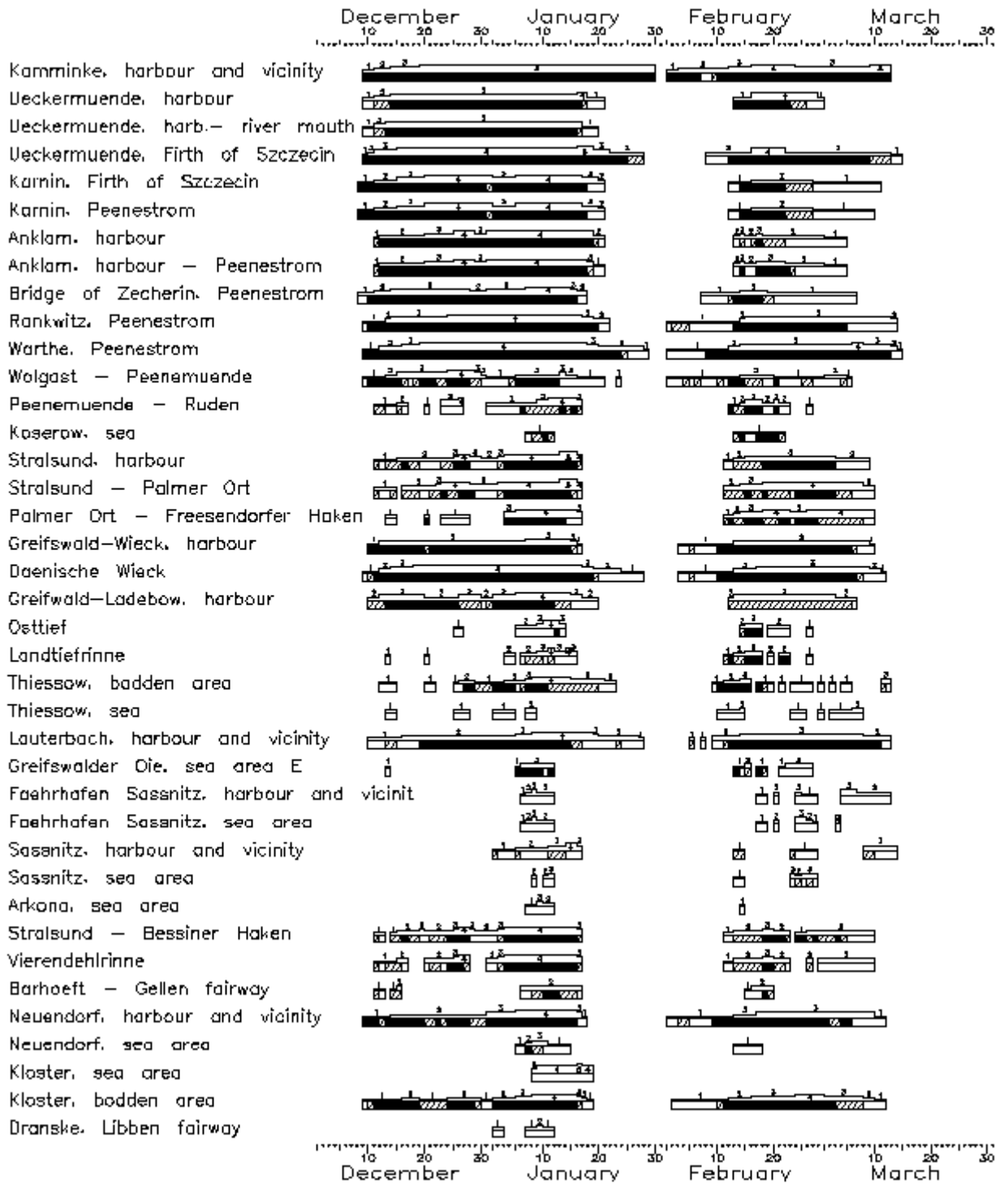


Abbildung 4.5. Bedeckungsgrad und Dicke des Eises in den Fahrwasserabschnitten und Häfen an der deutschen Ostseeküste im Winter 2002/03

Figure 4.5. Ice concentration and thickness in the fairways and harbours of the German Baltic Sea coast in the winter of 2002/03

Fortsetzung der Abbildung 4.5

Continuation of the Figure 4.5

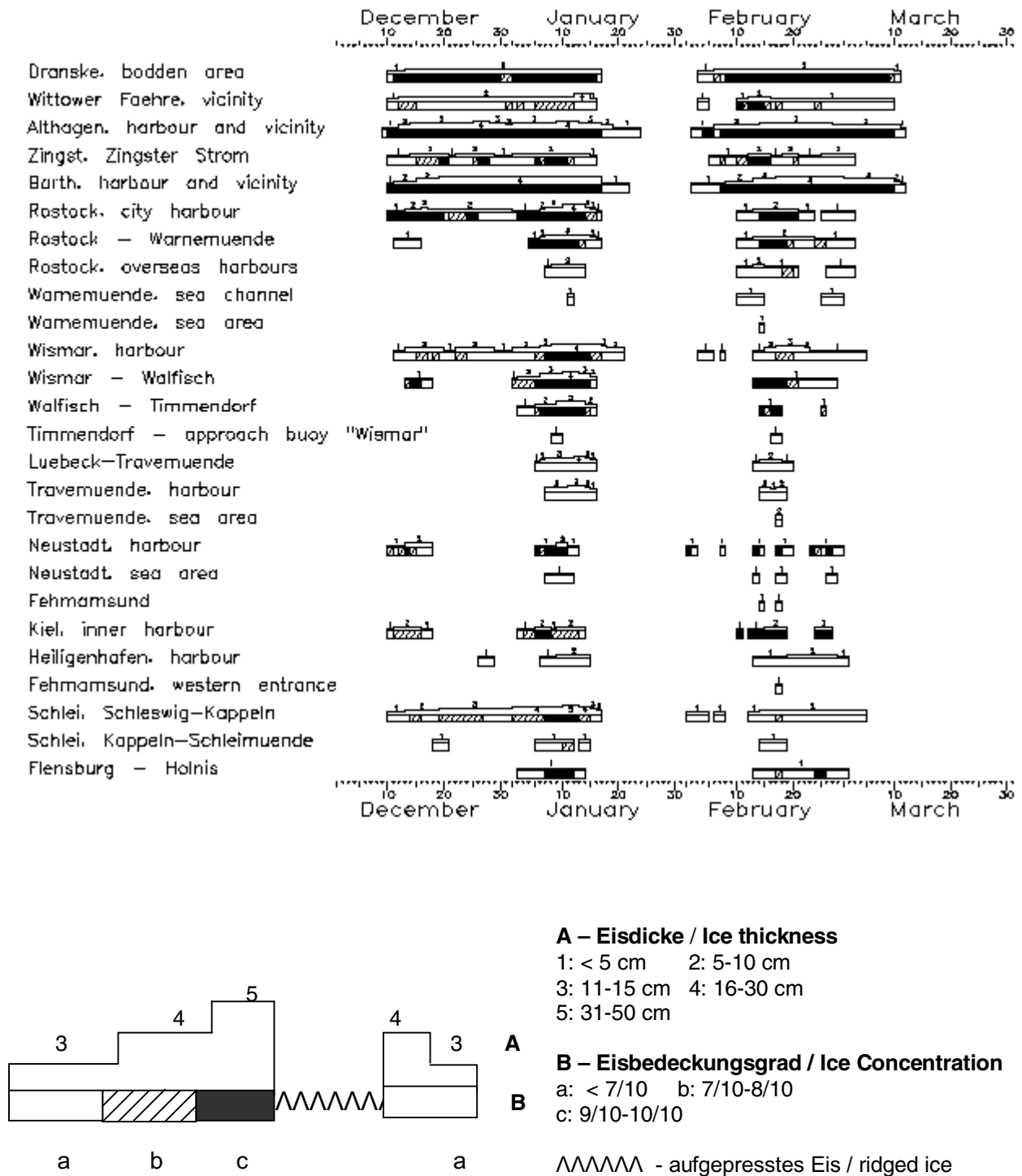


Tabelle 4.4. Eisverhältnisse in den Gewässern der deutschen Ostseeküste im Winter 2002/03
 Table 4.4. Ice conditions in the waters of the German Baltic Sea coast in the winter of 2002/03

Observation stations	Beginning of ice occurrence	End of ice occurrence	Number of days with ice	Max. ice thickness, cm
Kamminke, harbour and vicinity	09.12.	12.03.	92	30
Ueckermünde, harbour	09.12.	28.02.	59	15-30
Ueckermünde, harbour – river mouth	09.12.	19.01.	42	10-15
Ueckermünde, Firth of Szczecin	09.12.	14.03.	85	30

Fortsetzung der Tabelle 4.4
 Continuation of the Table 4.4

Karnin, Firth of Szczecin	08.12.	10.03.	71	20
Karnin, Peenestrom	08.12.	09.03.	70	20
Anklam, harbour	11.12.	04.03.	61	22
Anklam, harbour - Peenestrom	11.12.	04.03.	61	22
Bridge of Zecherin, Peenestrom	08.12.	06.03.	69	18
Rankwitz, Peenestrom	09.12.	13.03.	85	22
Warthe, Peenestrom	09.12.	14.03.	93	25
Wolgast - Peenemünde	09.12.	05.03.	77	20
Peenemünde - Ruden	11.12.	26.02.	40	20
Koserow, sea area	07.01.	21.02.	14	4
Stralsund, harbour	11.12.	08.03.	63	30
Stralsund - Palmer Ort	11.12.	09.03.	63	30
Palmer Ort - Freesendorfer Haken	13.12.	09.03.	49	30
Greifswald-Wieck, harbour	10.12.	09.03.	73	13
Dänische Wiek	09.12.	11.03.	87	26
Greifswald - Ladebow, harbour	10.12.	06.03.	64	15-30
Osttief	25.12.	26.02.	20	15
Landtiefrinne	13.12.	26.02.	25	15
Thiessow, Bodden area	12.12.	12.03.	55	20
Thiessow, sea area	13.12.	07.03.	26	10
Lauterbach, harbour and vicinity	10.12.	12.03.	83	20
Greifswalder Oie, sea area E	13.12.	26.02.	19	10
Fährhafen Sassnitz, harbour and vicinity	06.01.	12.03.	22	10
Fährhafen Sassnitz, sea area	06.01.	03.03.	14	10
Sassnitz, harbour and vicinity	01.01.	13.03.	29	10-15
Sassnitz, sea area	08.01.	27.02.	10	10-15
Arkona, sea area	07.01.	14.02.	6	10-15
Stralsund - Bessiner Haken	11.12.	09.03.	62	30
Vierendehlrinne	11.12.	09.03.	54	30
Barhöft - Gellenfahrwasser	11.12.	19.02.	20	10
Neuendorf, harbour and vicinity	09.12.	11.03.	79	20
Neuendorf, sea area	05.01.	17.02.	15	5-10
Kloster, sea area	08.01.	18.01.	11	10
Kloster, Bodden area	09.12.	11.03.	79	20
Dranske, Libben fairway	01.01.	11.01.	7	5
Dranske, Bodden area	10.12.	10.03.	74	5-10
Wittower Fähre, vicinity	10.12.	09.03.	67	10
Althagen, harbour and vicinity	09.12.	11.03.	84	15
Zingst, Zingster Strom	10.12.	02.03.	63	10
Barth, harbour and vicinity	10.12.	11.03.	81	24
Rostock, city harbour	10.12.	02.03.	58	20
Rostock - Warnemünde	11.12.	02.03.	39	15
Rostock, overseas harbours	07.01.	02.03.	23	10
Warnemünde, sea channel	11.01.	28.02.	10	3
Warnemünde, sea area	14.02.	14.02.	1	2
Wismar, harbour	11.12.	04.03.	65	30
Wismar - Walfisch	13.12.	27.02.	35	17
Walfisch - Timmendorf	02.01.	25.02.	19	12
Timmendorf – approach buoy Wismar	08.01.	17.02.	4	2
Lübeck-Travemünde	05.01.	19.02.	18	20
Travemünde, harbour	07.01.	18.02.	14	5-10
Travemünde, sea area	17.02.	17.02.	1	5
Neustadt, harbour	10.12.	28.02.	30	7
Neustadt, sea area	07.01.	27.02.	10	3
Fehmarnsund	14.02.	17.02.	2	1
Kiel, inner harbour	10.12.	26.02.	31	8
Heiligenhafen, harbour	26.12.	01.03.	29	8
Fehmarnsund, western entrance	17.02.	17.02.	1	< 5
Schlei, Schleswig - Kappeln	10.12.	04.03.	65	30-40
Schlei, Kappeln - Schleimünde	18.12.	18.02.	17	< 5
Flensburg - Holnis	02.01.	01.03.	29	5

Tabelle 4.5. Schifffahrtsverhältnisse in den Gewässern der deutschen Ostseeküste im Eiswinter 2002/03
Table 4.5. Navigation conditions in the waters of the German Baltic Sea coast in the winter of 2002/03

Observation station	Days with $K_b=2^*$	Days with $K_b=3,5,6^*$	Days with $K_b=8,9^*$
Kamminke, harbour and vicinity	13		62
Ueckermünde, harbour	20	14	10
Ueckermünde, harbour – river mouth	9	14	10
Ueckermünde, Firth of Szczecin	22	14	32
Karnin, Firth of Szczecin	1	22	20
Karnin, Peenestrom		23	20
Anklam, harbour	19	16	11
Anklam, harbour - Peenestrom	19	14	11
Bridge of Zecherin, Peenestrom	24	7	10
Rankwitz, Peenestrom	16	17	22
Warthe, Peenestrom	12	37	22
Wolgast - Peenemünde	16		
Peenemünde - Ruden	5	2	
Koserow, sea area	1		
Stralsund, harbour	21	13	
Stralsund - Palmer Ort	23	22	
Palmer Ort - Freesendorfer Haken	21	14	
Greifswald-Wieck, harbour	55		
Dänische Wiek	44	25	
Greifswald - Ladebow, harbour	48	10	
Landtiefrinne	5	1	
Thiessow, Bodden area	15	14	1
Thiessow, sea area	1		
Lauterbach, harbour and vicinity	36	20	
Stralsund - Bessiner Haken	20	3	7
Vierendehlrinne	14	2	7
Barhöft - Gellenfahrwasser	2	1	7
Neuendorf, harbour and vicinity	8	55	
Neuendorf, sea area	3		
Kloster, sea area			
Kloster, Bodden area	5	45	
Dranske, Bodden area	67		
Althagen, harbour and vicinity			73
Zingst, Zingster Strom	16		
Barth, harbour and vicinity	15	51	
Rostock, city harbour	4	7	
Rostock - Warnemünde	4	6	
Wismar, harbour	8		
Wismar - Walfisch	4	5	
Walfisch - Timmendorf	1	6	
Neustadt, harbour	1		
Schlei, Schleswig - Kappeln	14	32	

* Schlüsselzahlen nach dem Ostsee-Eiskode

* Code numbers according to the Baltic Sea Ice Code

$K_b=2$ Schifffahrt für Schiffe mit niedriger Maschinenleistung schwierig, für Holzschiffe nicht ratsam
Navigation difficult for low-powered vessels, for wooden vessels not advisable

$K_b=3,5,6$ Schifffahrt ist nur für stark gebaute und für die Eisfahrt geeignete Schiffe mit hoher
Maschinenleistung möglich (ohne oder mit Eisbrecherunterstützung)
Navigation is possible only for high-powered vessels of strong construction and suitable for
navigation in ice (without or with icebreaker assistance)

$K_b=8,9$ Schifffahrt ist vorübergehend eingestellt oder hat aufgehört
Navigation is temporarily closed or has ceased

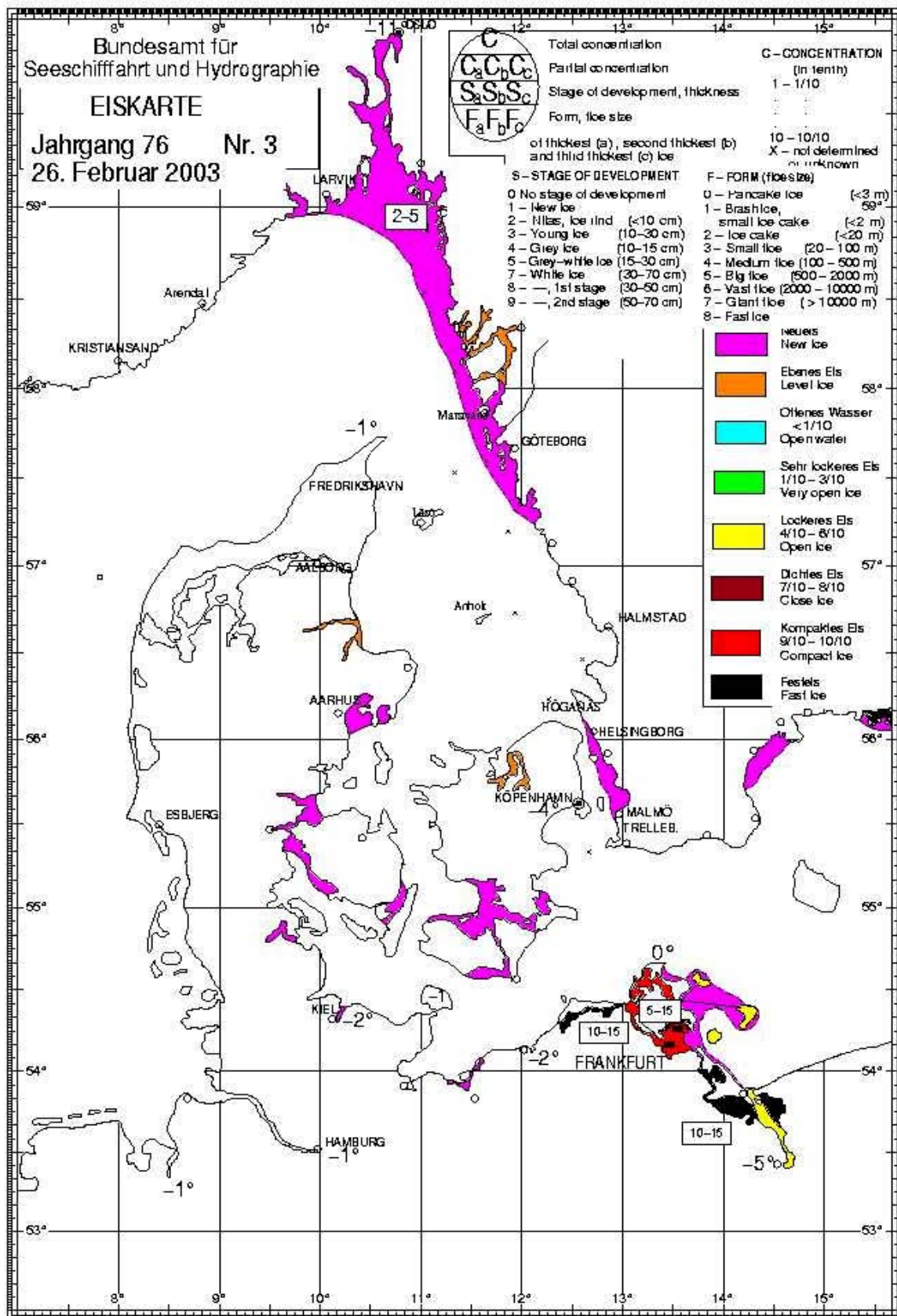


Abbildung 4.6. Eisverhältnisse in der südlichen und westlichen Ostsee, im Kattegat und Skagerrak am 26. Februar 2003

Figure 4.6. Ice conditions in the southern and western Baltic Sea, in Kattegat and Skagerrak on 26th February 2003

In den nördlichen Ostseebereichen hat der Eiswinter 2002/03 nahezu drei Wochen früher als durchschnittlich begonnen. Seit dem 20. Oktober führten länger andauernde Frostperioden in der nördlichen Bottenvik und im östlichsten Teil des Finnischen Meerbusens zu einer raschen Abkühlung der Küstengewässer. An der Nordküste der Bottenvik bildete sich bereits Anfang November in den inneren Schären das erste Eis. In der inneren Kronstadtbucht, der Zufahrt nach St. Petersburg, setzte die Eisbildung 10 Tage später ein. Sie setzte sich kontinuierlich in allen Bereichen fort, und die Eisbedeckung erreichte sehr zeitig ihr erstes extremes Maximum um den 7. Januar (Abb. 4.7). Die Bottenvik und Norra Kvarken sowie der Finnische und Rigaische Meerbusen waren vollständig mit Eis bedeckt, in der Bottensee nördlich der Breite 62°30' N, im Schärenmeer und in der Ålandsee kam dünnes Eis vor. Danach setzte bis Ende Januar deutlicher Eisrückgang ein. Die Eisbildung im nördlichen Ostseeraum verstärkte sich zum Ende Februar/Anfang März und erreichte den Höchststand der Entwicklung am 5./6. März (Abb. 4.8). Die maximale Eisausdehnung war überdurchschnittlich stark und bestätigt durch die vollständige Eisbedeckung aller drei Meerbusen und des angrenzenden nördlichsten Teils der Nördlichen Ostsee die Einstufung des Winters 2002/03 als einen noch **mäßigen** Eiswinter, die Eis- und Schifffahrtsverhältnisse waren jedoch besonders im Finnischen Meerbusen äußerst schwierig (Fin. Eisdienst, 2003). Bereits im März setzte bei milder Witterung ein langsamer Eisrückgang ein. Durch auffrischende südwestliche Winde wurde das Eis im Bottnischen Meerbusen an der finnischen Küste zusammengeschoben, und auch auf See entstanden zahlreiche Presseisrücken. Die Schifffahrtsverhältnisse waren sehr schwierig. Auch im Finnischen und Rigaischen Meerbusen kam in den Fahrwassern dickes, stark aufgepresstes Eis vor, das sehr schwierig zu durchfahren war. Der Eisrückgang setzte sich im April fort, verlief besonders schnell im Mai, und um den 20. Mai waren alle Bereiche bis auf einige morsche Eisreste etwa zum durchschnittlichen Termin eisfrei (SMHI, 2003).

In the northern parts of the Baltic, the ice winter of 2002/03 began almost three weeks earlier than normal. From 20 October, longer freezing periods in the northern Bay of Bothnia and in the eastern part of the Gulf of Finland led to rapid cooling of the coastal waters. On the northeast coast of the Bay of Bothnia, first ice occurred in the inner skerries as early as the beginning of November. In the inner Bay of Kronstadt, the approach to St. Petersburg, ice formation began ten days later. It continued steadily in all areas, and the first extreme maximum of ice cover was reached very early around 7 January (Figure 4.7). The Bay of Bothnia and Norra Kvarken as well as the Gulfs of Finland and Riga were completely iced over, and thin ice had formed in the Sea of Bothnia north of latitude 62°30'N, in the Archipelago and Åland Seas. After this, deterioration of ice set in until end of January. Ice formation in the northern Baltic intensified in late February/early March and reached its maximum on 5/6 March 2003 (Figure 4.8). The maximum ice extent was above average which, also taking into account the complete ice coverage of all Bays and of the adjacent northernmost part of the northern Baltic, confirms the classification of the winter of 2002/03 as a **moderate** ice winter, however, the ice and navigation conditions were extremely difficult, especially in the Gulf of Finland (Finnish Ice Service). As early as March, mild weather led to a gradual retreat of the ice. Fresh southwesterly winds pushed the ice toward the coast of Finland in the Gulf of Bothnia, and numerous ridges formed also at sea. Navigation was very difficult. Also in the Gulfs of Finland and Riga, thick ridged ice rendered navigation very difficult. The retreat of ice continued in April, intensified in May, and around 20 May all areas were free of ice at about the normal date, with only some rotten ice remaining locally (Swedish Ice Service).

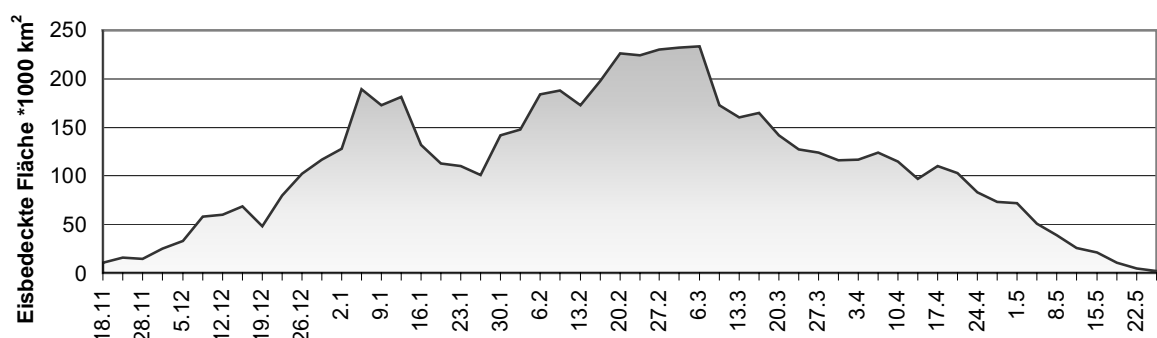


Abbildung 4.7. Eisbedeckte Fläche für die ganze Ostsee im Verlauf des Eiswinters 2002/03

Figure 4.7. Extent of ice cover in the entire Baltic Sea during the ice winter of 2002/03

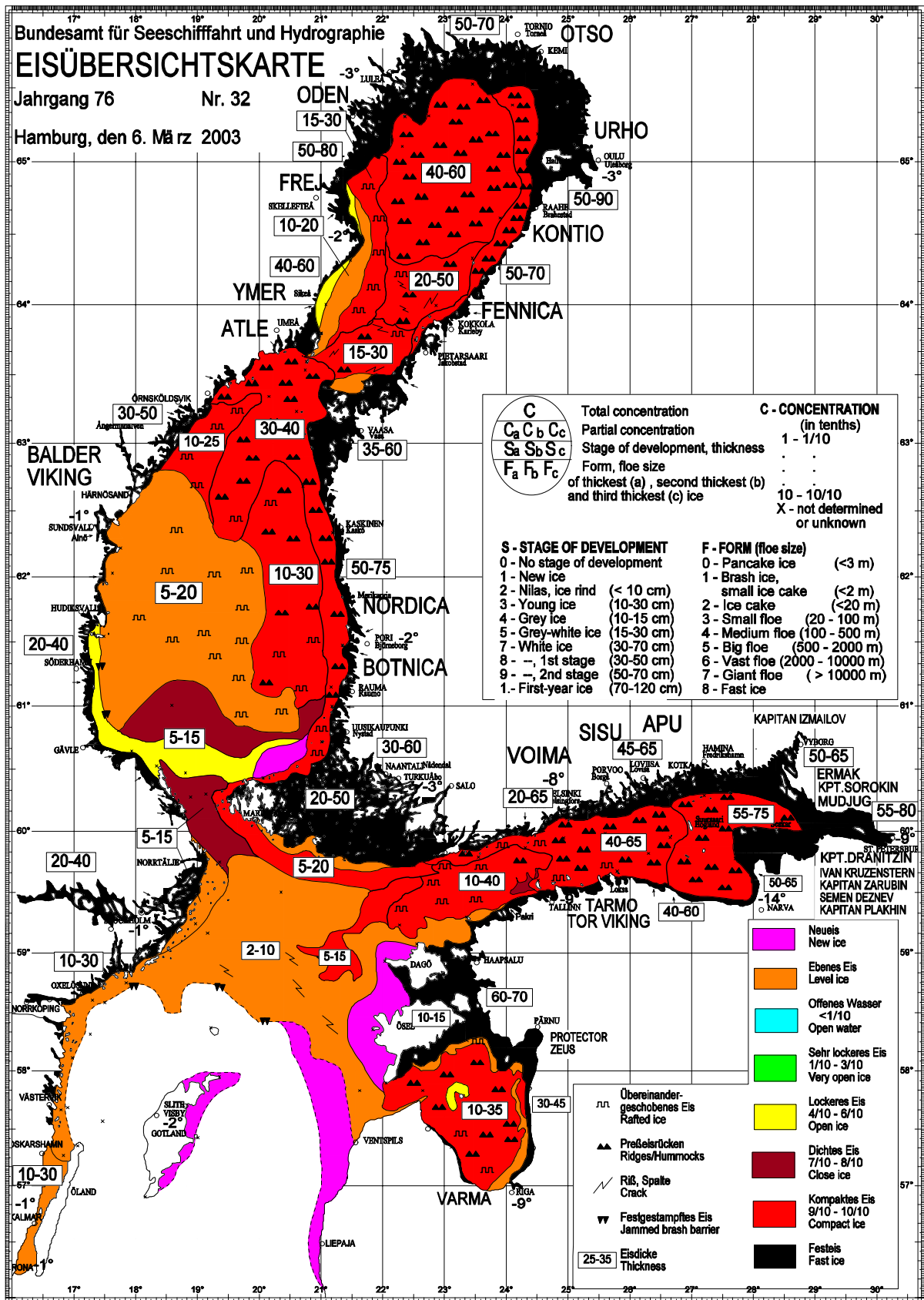


Abbildung 4.8. Eisübersichtskarte vom 6. März mit der maximalen Eisausdehnung im Winter 2002/03 (232,000 km²; Finnischer Eisdienst, 2003)
 Figure 4.8. Ice map of 5 March showing the maximum ice extent in the winter of 2002/03 (232,000 km², Finnish Ice Service, 2003)

5. Der Eiswinter 2003/04 an den deutschen Nord- und Ostseeküsten

The Ice Winter of 2003/04 on the German North Sea and Baltic Sea Coasts

Die Stellung des Eiswinters 2003/04 im langjährigen Vergleich

An der deutschen Nordseeküste ist der Eiswinter 2003/04 als **sehr schwach** einzustufen. Die ostfriesische Küste und die Nordseezuflüsse blieben vollständig eisfrei, an der nordfriesischen Küste trat dünnes unbedeutendes Eis in den kleineren Häfen an drei Tagen auf. Die reduzierte Eissumme (eine Maßzahl für die Länge des Eiswinters; Büdel, 1947; Nusser, 1948) und die flächenbezogene Eisvolumensumme (eine Maßzahl für die Stärke des Eiswinters; Koslowski, 1989) sind für die deutsche Nordseeküste in diesem Jahr gleich Null. Die reduzierte Eissumme für die deutsche Ostseeküste beträgt 3 Tage, die flächenbezogene Eisvolumensumme erreichte den Wert von 0,18 m, somit gehört der Eiswinter 2003/04 an der deutschen Ostseeküste zu den **schwachen** Eiswintern. Die Stellung des Eiswinters 2003/04 in der seit 1896/97 bestehenden Beobachtungsreihe geht aus den Abbildungen 5.1 bis 5.4 hervor.

Der Verlauf des Eiswinters

Der Winter 2003/04 war mild und kurz (Heinemann, 2004). Die saisonale Abkühlung im November vollzog sich langsamer als gewöhnlich (Lefebvre, 2003). Die Monatsmitteltemperaturen lagen an den deutschen Küsten um 1 bis 1,5 K über den vieljährigen Mittelwerten (siehe Tabelle 5.1). Im Dezember setzte sich die zu milde Witterung des Vormonats fort (siehe Abbildung 5.5). Auch die Gewässer kühlten sich nur langsam ab (Abbildung 5.6).

Der kälteste Monat war der Januar; dabei war es im Osten bedeutend kälter als in den westlichen Küstenbereichen. An der Nordsee war es um 1 K zu warm, an der östlichen Ostseeküste um 1 K zu kalt (Schepanski/Lefebvre, 2004). Der Januar hatte zwei Kälteperioden: In der ersten Januarwoche und in der zweiten Januarhälfte herrschte an der Ostsee verbreitet Dauerfrost vor. Die Wassertemperaturen sanken in der westlichen Ostsee auf Werte um 2 °C, in den inneren Küstenbereichen auch auf Werte darunter. Das Wasser in der Pommerschen Bucht kühlte sich bis auf 1 °C während der ersten Kälteperiode ab und lag während des zweiten Kälteeinbruchs mit -0,3°C einige Tage lang kurz vor dem Zusammenfrieren.

Der Februar war in allen Küstenabschnitten um etwa 2 K zu warm. Die zwei Frostperioden waren nur von kurzer Dauer und nicht weiter bemerkenswert. Die Temperatur sank in beiden Perioden auf Werte nur geringfügig unter den Gefrierpunkt.

An der deutschen Nordseeküste trat dünnes,

Ranking of the ice winter of 2003/04 in long-term comparison

The ice winter of 2003/2004 on the German North Sea coast has been classified as **very weak**. The coast of East Friesland and the North Sea tributaries remained completely free of ice, and on the North Friesian coast thin, unimportant ice development occurred only in small harbours on three days. The reduced sum of ice (indicating the length of the ice winter; Büdel, 1947; Nusser, 1948) and the accumulated areal ice volume (indicating the severity of the ice winter; Koslowski, 1989) this year equal zero on the German North Sea coast. The reduced sum of ice for the German Baltic Sea coast is 3 days, and the accumulated areal ice volume 0.18 m, which make the ice winter of 2003/04 one of the **weak** ice winters on the German coasts. The position of the ice winter of 2003/04 in the long-term observation series since 1896/97 is apparent from Figures 5.1 to 5.4.

Development of the ice winter

The winter of 2003/04 was mild and short (Heinemann, 2004). The seasonal temperature decline in November was slower than usual (Lefebvre, 2003). Monthly mean temperatures on the German coasts were 1 – 1.5 K above the long-term means (Table 5.1). The unusually mild weather continued in December (Figure 5.5), and also the water cooled only slowly (Figure 5.6).

The coldest month was January, with temperatures in eastern regions considerably lower than on the western coasts. In the North Sea area, it was 1 K too warm, and on the eastern Baltic coast 1 K too cold (Schepanski/Lefebvre, 2004). January saw two cold spells: in the first week of January and in the second half of January, continuous frost prevailed in large parts of the Baltic. Water temperatures in the western Baltic dropped to about 2 °C, in the inner coastal waters even lower. Water temperatures in the Pomeranian Bight fell to 1 °C during the first cold spell, and to -0.3 °C in the second cold spell when for a few days it was on the point of freezing.

February was about 2 K too warm in all coastal regions. The two frost periods were insignificant and of short duration. Temperatures during both cold spells dropped hardly below zero.

On the German North Sea coast, some thin ice

unbedeutendes Eis während der zweiten Kälteperiode im Januar kurzzeitig nur in den kleineren Häfen der nordfriesischen Küste auf (siehe Abbildung 5.8 und Tabelle 5.2).

formed only briefly in smaller harbours of the north Friesian coast during the second cold spell in January (Figure 5.8 and Table 5.2).

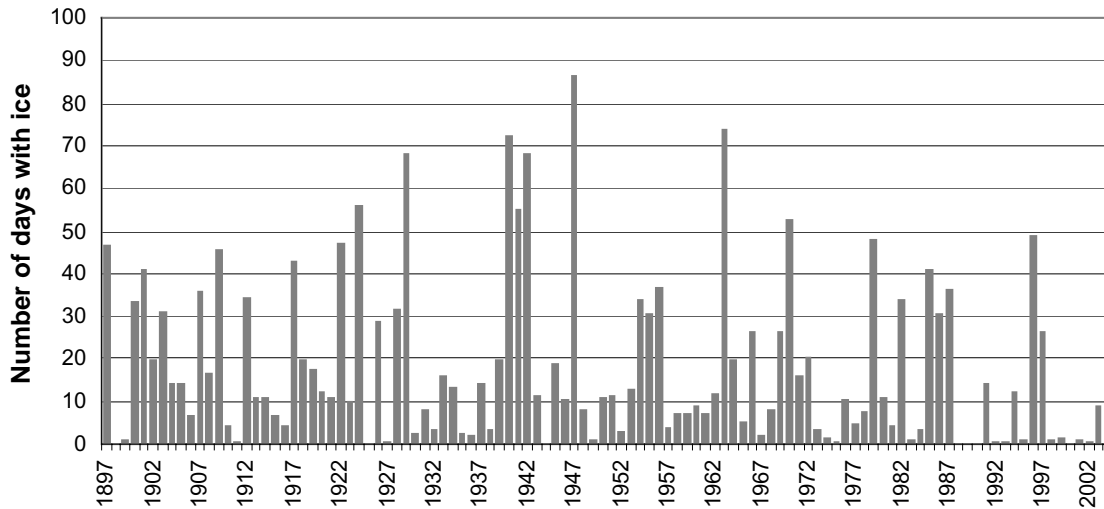


Abbildung 5.1. Reduzierte Eissumme für die deutsche Nordseeküste im Zeitraum 1897-2004
Figure 5.1. Reduced sum of ice for the German North Sea coast in the period 1897-2004

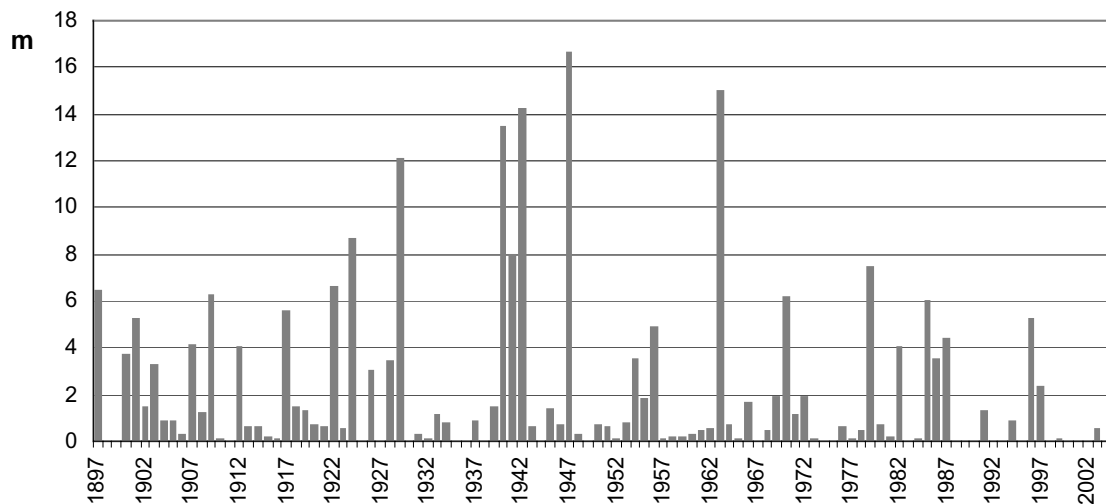


Abbildung 5.2. Flächenbezogene Eissolumensumme ($V_{A\Sigma}$) für die deutsche Nordseeküste im Zeitraum 1897-2004
Figure 5.2. Accumulated areal ice volume ($V_{A\Sigma}$) for the German North Sea coast in the period 1897-2004

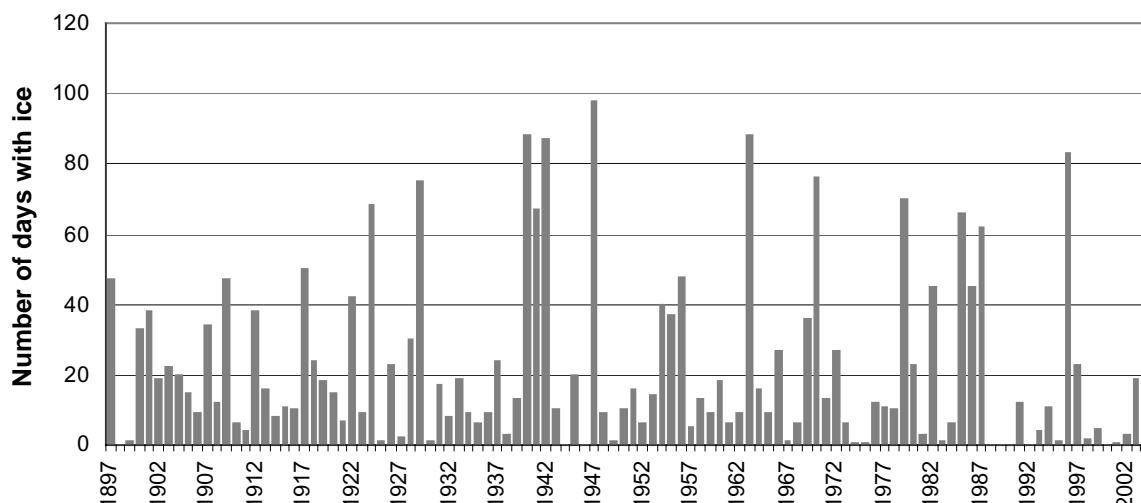


Abbildung 5.3. Reduzierte Eissumme für die deutsche Ostseeküste im Zeitraum 1897-2004
 Figure 5.3. Reduced sum of ice for the German Baltic Sea coast in the period 1897-2004

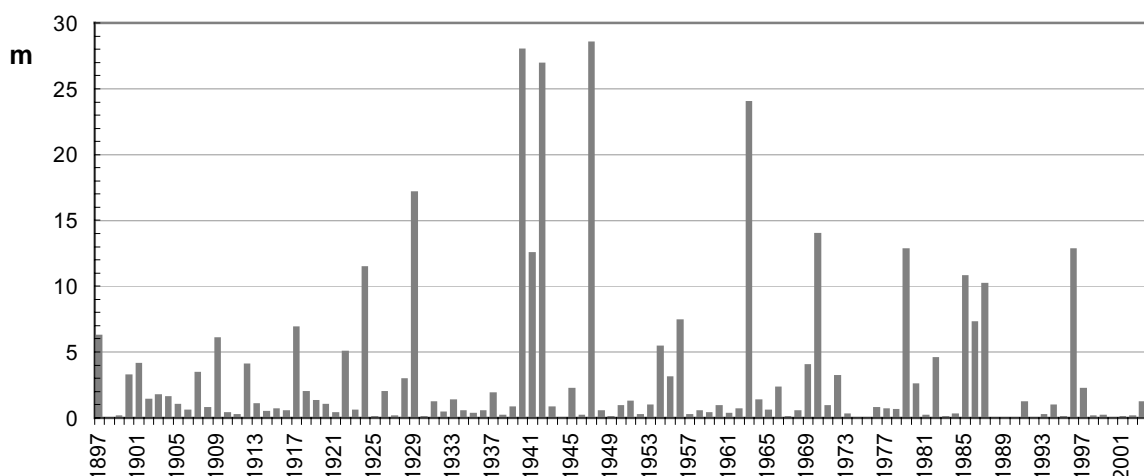


Abbildung 5.4. Flächenbezogene Eisvolumensumme ($V_{A\Sigma}$) für die deutsche Ostseeküste im Zeitraum 1897-2004
 Figure 5.4. Accumulated areal ice volume ($V_{A\Sigma}$) for the German Baltic Sea coast in the period 1897-2004

Die Eiswinterklassen wurden aus der Häufigkeitsverteilung der flächenbezogenen Eisvolumensumme bestimmt und sind für die deutsche Ostseeküste wie folgt definiert (Koslowski, 1989; Koslowski und Glaser, 1995): Schwach $\leq 0.50 \text{ m} < \text{mäßig} \leq 4.00 \text{ m} < \text{stark} \leq 9 \text{ m} < \text{sehr stark} \leq 20 \text{ m} < \text{extrem stark}$.

The ice winter classes were derived from the frequency distribution of accumulated areal ice volume and are defined for the German Baltic Sea coast as follows (Koslowski, 1989; Koslowski and Glaser, 1995): Mild $\leq 0.50 \text{ m} < \text{moderate} \leq 4.00 \text{ m} < \text{strong} \leq 9 \text{ m} < \text{very strong} \leq 20 \text{ m} < \text{extreme strong}$.

Tabelle 5.1. Monatsmittelwerte der Lufttemperatur ($^{\circ}\text{C}$) im Winter 2003/04 und ihre Abweichungen in (K) vom Klimamittel 1961 bis 1990 (Angaben des DWD)

Table 5.1. Mean monthly air temperatures ($^{\circ}\text{C}$) in the winter of 2003/04 and their deviations (K) from the climatic mean 1961 to 1990 (data from German Weather Service)

Station	Nov		Dec		Jan		Feb		Mar	
	$^{\circ}\text{C}$	K	$^{\circ}\text{C}$	K	$^{\circ}\text{C}$	K	$^{\circ}\text{C}$	K	$^{\circ}\text{C}$	K
Norderney	7,0	0,7	4,3	1,1	2,7	1,1	4,3	2,5	5,2	2,0
Schleswig	6,4	1,5	3,2	1,5	0,1	-0,2	2,5	1,9	4,1	1,3
Greifswald	6,2	1,6	3,1	2,0	-1,5	-0,9	2,0	2,0	4,5	1,8

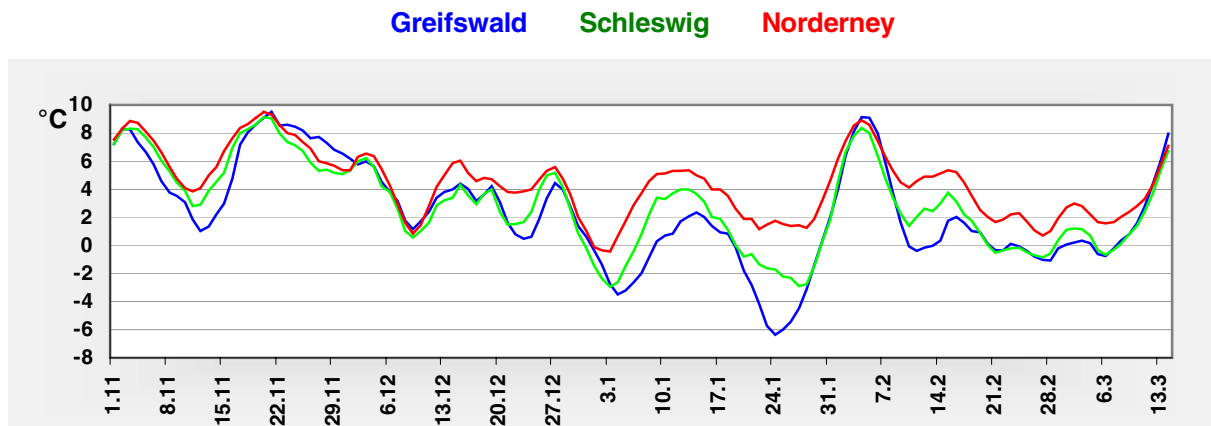


Abbildung 5.5. Pentadenmittel der Lufttemperatur im Winter 2003/04 (nach Daten vom Deutschen Wetterdienst)
 Figure 5.5. Running 5-day means of air temperature in winter of 2003/04 (data from German Weather Service)

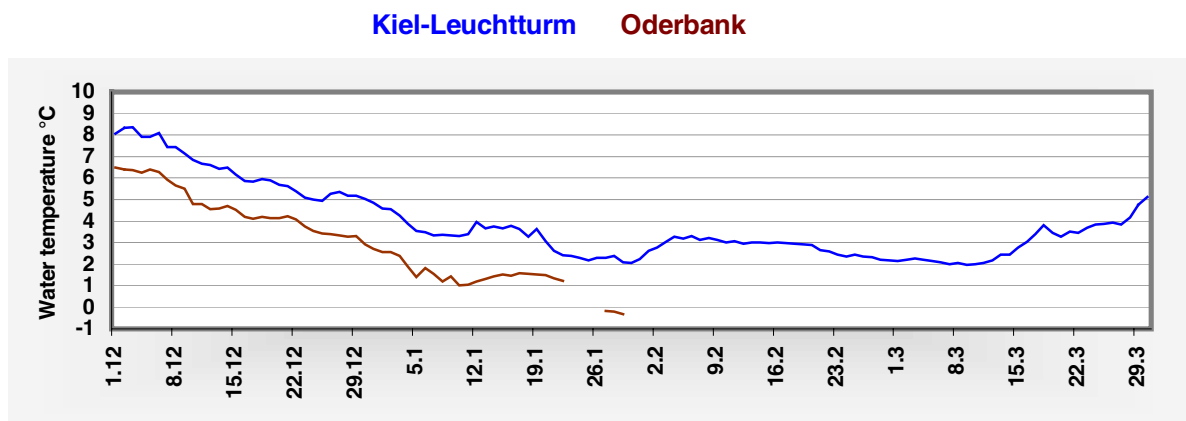


Abbildung 5.6. Tagesmittel der Wassertemperatur in der Kieler Bucht (Station Kiel-Leuchtturm, Oberfläche) und in der Pommerschen Bucht (Station Oderbank, 3 m Tiefe, keine Messungen ab 30.01.2004) im Winter 2003/04 (Angaben des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie)
 Figure 5.6. Daily means of water temperature at Kiel lighthouse and at the Oderbank (no data from 30.01.2004) in winter of 2003/04 (data from Federal Maritime and Hydrographic Agency of Germany)

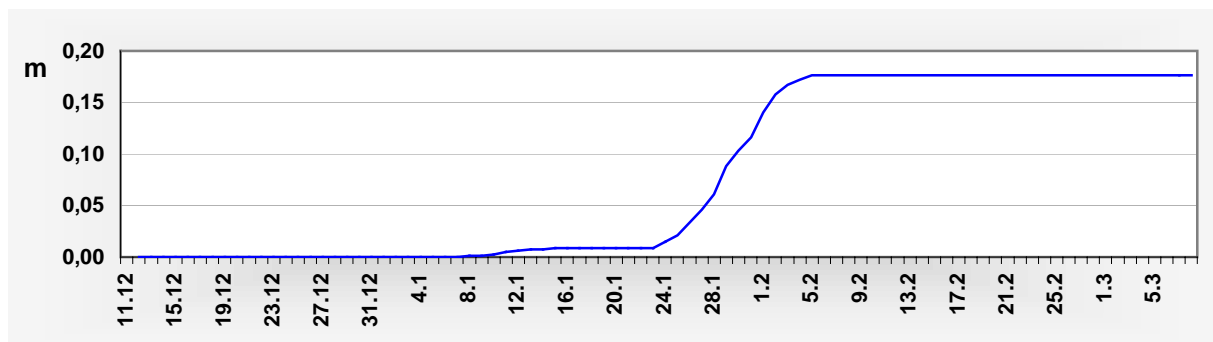


Abbildung 5.7. Akkumuliertes flächenbezogenes Eisvolumen an der Ostseeküste im Winter 2003/04
 Figure 5.7. Accumulated areal ice volume in the coastal areas of the Baltic Sea in the winter of 2003/04

An den Küsten Schleswig-Holsteins und Mecklenburgs wurde in der inneren Schlei (17 Tage), in den Häfen Flensburg (4 Tage), Neustadt (7 Tage), Wismar (26 Tage) und Rostock (11 Tage) sowie auf der Unterwarnow (4 Tage) Eis beobachtet. Es handelte sich hierbei um kleinere Mengen von Neueisarten, die kaum Schifffahrtsbehinderungen hervorriefen. Der Bodden südlich vom Darß und Zingst war etwa 30 Tage lang mit Eis bedeckt, die Eisdicke erreichte zum Zeitpunkt der maximalen Eisentwicklung Werte von ca. 15 cm (siehe Abbildung 5.9 und Tabelle 5.3).

Größere Probleme für die Schifffahrt bereitete das Eisvorkommen in den Küstengewässern Vorpommerns, wo auch in schwachen Eiswintern mit längerem Eisauftreten zu rechnen ist. Der Eiswinter 2003/04 bestand hier aus drei Eisperioden. Am 4./5. Januar bildete sich das erste Eis in den geschützten und flachen Boddengewässern Vorpommerns, und drei Tage später folgte die Eisbildung auch in den Zufahrten nach Stralsund und Wolgast sowie in den Randbereichen des Greifswalder Boddens. Infolge des am 11. Januar einsetzenden Tauwetters schmolz das Eis in der dritten Januarwoche fast in allen Gewässern bis auf unbedeutende örtliche Reste wieder ab. Eine zweite Kälteperiode begann am 21. Januar und leitete ab 23. Januar eine intensive Eisbildung in allen inneren Fahrwassern ein. Am 28./29. Januar trat auch an der Außenküste östlich von Rügen und der Greifswalder Oie kurzzeitig Neueis auf. Zu diesem Zeitpunkt wurde der Vereisungshöchststand erreicht: Die Vorpommerschen inneren Gewässer waren mit einer 10-20 cm dicken Eisdecke überzogen, die Schifffahrt zu den Häfen Stralsund und Wolgast verlief in den aufgebrochenen Fahrrinnen und wurde vom Eisbrecher FRANKFURT sowie von mehreren Tonnenlegern unterstützt. Der südliche Peenestrom, der Peenefluß und das Kleine Haff wurden für die Schifffahrt geschlossen. In den letzten Januartagen / ersten Februartagen strömte mit westlichen und südwestlichen Winden milde Meeresluft in die Küstengebiete und ein rascher Eisrückgang setzte ein. Durch zeitweise recht frische Winde wurde das Eis in den Fahrwassern bis zu einer Höhe von 50 cm zusammen-geschoben. An den dem Wind zugewandten Küsten waren die Aufschiebungen sogar einige Meter hoch (Abbildung 5.10). Dagegen wurden andere Küsten- und Fahrwasserabschnitte sehr schnell eisfrei. Bis zum 10. Februar waren alle Gewässer eisfrei. Eine weitere kurze Kälteperiode Ende Februar/Anfang März führte im Zeitraum vom 26. Februar bis 08. März nur in den Boddengewässern zu einer unbedeutenden Eisbildung. Der Schiffsverkehr wurde nur gering behindert. Die Eissaison dauerte in den abgeschlossenen Gewässern fünf bis sechs Wochen, in den inneren Fahrwassern zwei bis drei Wochen.

At the coasts of Schleswig-Holstein and Mecklenburg-Vorpommern, ice was observed in the inner Schlei on 17 days, in the harbours of Flensburg (4 days), Neustadt (7 days), Wismar (26 days), and Rostock (11 days) as well as on the Unterwarnow (4 days). Only small quantities of new ice were observed which hardly restricted navigation. The Bodden areas south of Darß and Zingst were covered with ice for about 30 days, and the ice thickness at the time of maximum ice development reached about 15 cm (Figure 5.9 and Table 5.3).

The ice posed major problems to navigation in the coastal waters of Vorpommern, which may freeze over for long periods of time also during weak ice winters. The ice winter of 2003/04 in these waters consisted of three freezing periods. On 4/5 January, first ice formed in the protected, shallow Bodden waters of Vorpommern, and three days later ice also formed in the approaches to Stralsund and Wolgast as well as along the margins of Greifswalder Bodden. Due to the thawing weather which set in on 11 January, the ice in almost all waters melted in the third week of January, with only a few local remnants of ice. A second cold spell began on 21 January, which led to intensive ice formation in all inner fairways from 23 January. On 28/29 January, new ice formed temporarily also on the outer coast of Rügen and Greifswalder Oie. At this point, the maximum ice formation of this season had been reached: the inner waters of Vorpommern were covered with 10-20 cm thick ice, and vessels headed for the harbours of Stralsund and Wolgast could only navigate in fairways that were kept open by the icebreaker FRANKFURT supported by several buoy tenders. The southern Peenestrom, the Peene river, and Kleines Haff were closed to navigation. In the last days of January and first days of February, mild maritime air was transported into the coastal region by westerly and southwesterly winds, causing a rapid decline of ice. Temporarily fresh winds caused ice rafting up to 50 cm thick in the fairways. On some stretches of the windward coasts, accumulations of ice due to rafting and ridging were several metres high (Figure 5.10). However, other coastal stretches and fairway sections were soon free of ice. By 10 February, all waters were free of ice. Another short cold period in late February/early March led to insignificant ice formation between 26 February and 8 March which was limited to the Bodden waters. There were hardly any obstructions to shipping. The ice season lasted five to six weeks in the land-locked waters, and two to three weeks in the inner fairways.

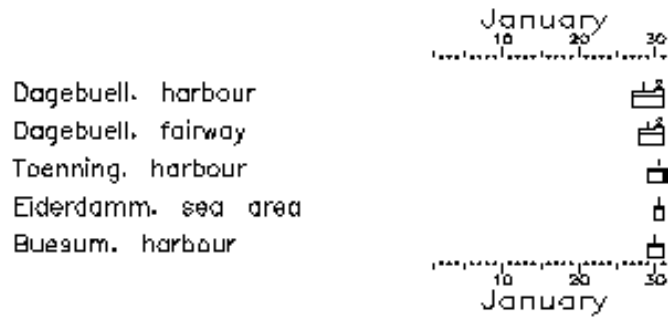


Abbildung 5.8. Bedeckungsgrad und Dicke des Eises in den Fahrwasserabschnitten und Häfen an der deutschen Nordseeküste im Winter 2003/04
 Figure. 5.8. Ice concentration and thickness in the fairways and harbours of the German North Sea coast in the winter of 2003/04

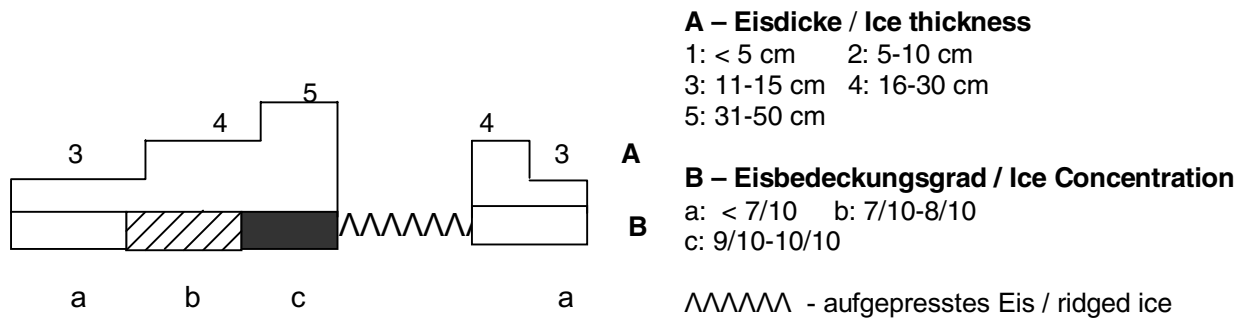


Tabelle 5.2. Eisverhältnisse in den Gewässern der deutschen Nordseeküste im Winter 2003/04
 Table 5.2. Ice conditions in the waters of the German North Sea coast in the winter of 2003/04

Observation stations	Beginning of ice occurrence	End of ice occurrence	Number of days with ice	Max. ice thickness, cm
Dagebüll, harbour	27.01.	30.01.	3	5-10
Dagebüll, fairway	28.01.	30.01.	3	5-10
Tønning, harbour	29.01.	31.01.	3	< 5
Eiderdamm, sea area	30.01.	30.01.	1	< 5
Büsum, harbour	29.01.	30.01.	2	< 5

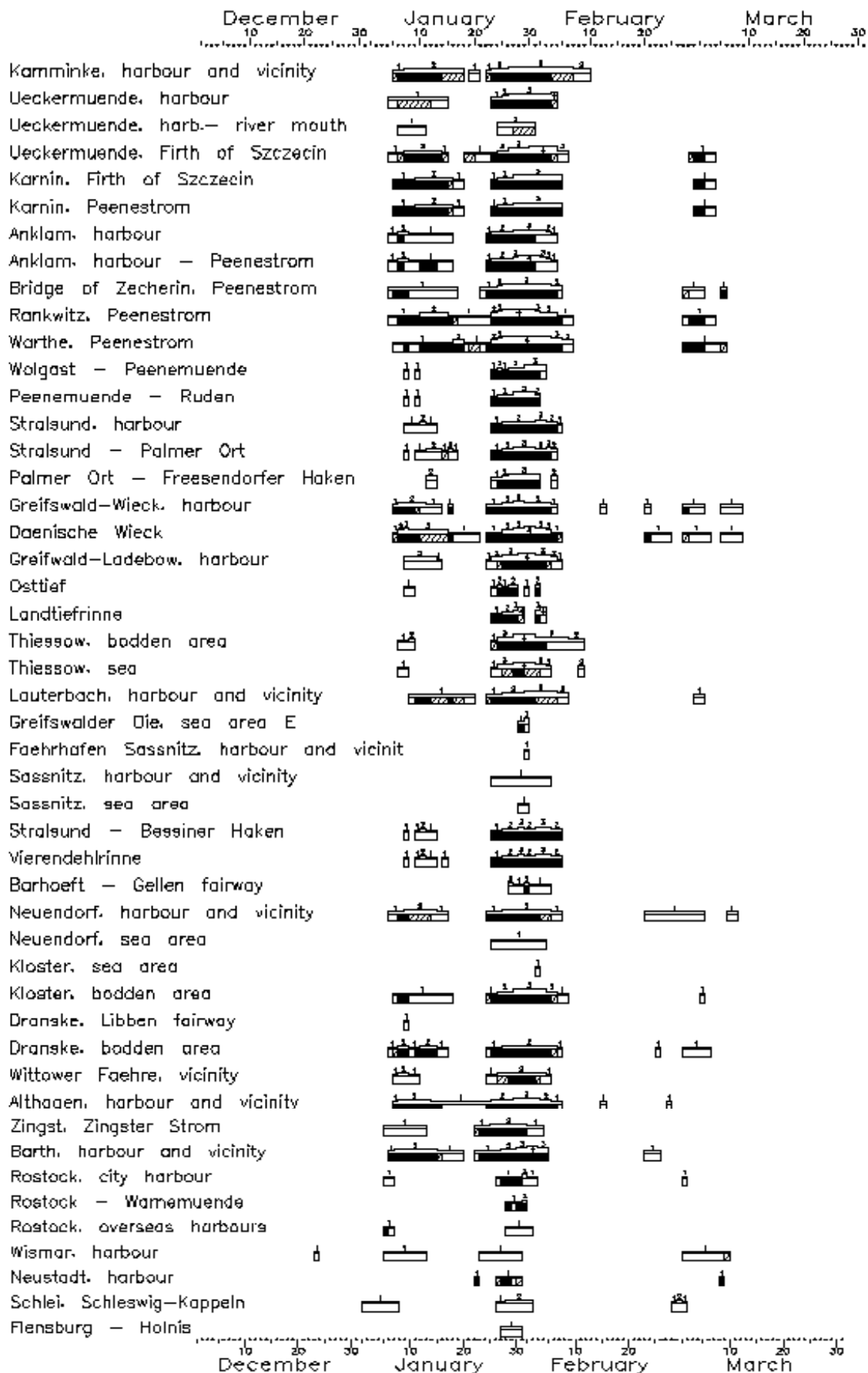


Abbildung 5.9. Bedeckungsgrad und Dicke des Eises in den Fahrwasserabschnitten und Häfen an der deutschen Ostseeküste im Winter 2003/04
 Figure 5.9. Ice concentration and thickness in the fairways and harbours of the German Baltic Sea coast in the winter of 2003/04



Abbildung 5.10. Der frische Westwind und die einsetzende Meeresströmung haben die 10-15 cm starken Eismassen des Greifswalder Boddens in Bewegung gebracht. Innerhalb von wenigen Stunden türmte sich das Eis am Endhaken in Thiessow zu etwa 2 Meter hohen Eisbergen auf. Am Steilufer von Klein Zicker erreichten die Eisberge sogar über 3 Meter Höhe (Fotos von Frank Sakuth vom 30.01.04).

Figure 5.10. Fresh westerly winds and marine currents have set the 10-15 cm thick ice masses of Greifswalder Bodden in motion. Within a few hours, ice growlers pile up at the spit of Thiessow, reaching heights of up to 2 metres. At the bluff of Klein Zicker, the accumulations of ice reached heights of over 3 metres (photos of 30 January 2004 courtesy of Frank Sakuth)

Tabelle 5.3. Eisverhältnisse in den Gewässern der deutschen Ostseeküste im Winter 2003/04
Table 5.3. Ice conditions in the German Baltic Sea coastal waters in the winter of 2003/04

Observation stations	Beginning of ice occurrence	End of ice occurrence	Number of days with ice	Max. ice thickness, cm
Kamminke, harbour and vicinity	05.01.	09.02.	34	14
Ueckermünde, harbour	04.01.	03.02.	23	10
Ueckermünde, harbour – river mouth	06.01.	30.01.	12	5-10
Ueckermünde, Firth of Szczecin	04.01.	03.03.	35	15
Karnin, Firth of Szczecin	05.01.	03.03.	30	15
Karnin, Peenestrom	05.01.	03.03.	30	15
Anklam, harbour	04.01.	03.02.	25	13
Anklam, harbour - Peenestrom	04.01.	03.02.	25	16
Bridge of Zecherin, Peenestrom	04.01.	05.03.	33	10-15
Rankwitz, Peenestrom	04.01.	03.03.	40	17
Warthe, Peenestrom	05.01.	05.03.	41	15-20
Wolgast - Peenemünde	07.01.	01.02.	12	12
Peenemünde - Ruden	07.01.	31.01.	11	12
Stralsund, harbour	07.01.	04.02.	19	10-15
Stralsund - Palmer Ort	07.01.	03.02.	21	10-15
Palmer Ort - Freesendorfer Haken	11.01.	03.02.	12	10-15
Greifswald-Wieck, harbour	05.01.	08.03.	33	10
Dänische Wiek	05.01.	08.03.	44	16
Greifswald - Ladebow, harbour	07.01.	04.02.	21	15
Osttief	07.01.	31.01.	9	10
Landtiefrinne	23.01.	01.02.	8	10-20
Thiessow, Bodden area	06.01.	08.02.	20	11
Thiessow, sea area	06.01.	08.02.	14	10-15
Lauterbach, harbour and vicinity	08.01.	01.03.	29	12
Greifswalder Oie, sea area E	28.01.	29.01.	2	10-15
Fährhafen Sassnitz harbour and vicinity	29.01.	29.01.	1	< 5
Sassnitz, harbour and vicinity	23.01.	02.02.	11	5
Sassnitz, sea area	28.01.	29.01.	2	< 5
Stralsund - Bessiner Haken	07.01.	04.02.	18	15
Vierendehrinne	07.01.	04.02.	19	15
Barhöft - Gellenfahrwasser	26.01.	02.02.	8	5
Neuendorf, harbour and vicinity	04.01.	07.03.	38	6
Neuendorf, sea area	23.01.	01.02.	10	< 5
Kloster, sea area	31.01.	31.01.	1	< 5
Kloster, Bodden area	05.01.	01.03.	27	11
Dranske, Libbenfairway	07.01.	07.01.	1	< 5
Dranske, Bodden area	04.01.	02.03.	31	10
Wittower Fähre, vicinity	05.01.	02.02.	17	8
Althagen, harbour and vicinity	05.01.	24.02.	33	13
Zingst, Zingster Strom	05.01.	03.02.	21	8
Barth, harbour and vicinity	06.01.	25.02.	31	16
Rostock, city harbour	05.01.	01.03.	11	5-10
Rostock - Warnemünde	28.01.	31.01.	4	8
Rostock, overseas harbours	05.01.	01.02.	7	8
Wismar, harbour	23.12.	09.03.	26	4
Neustadt, harbour	22.01.	08.03.	7	< 5
Schlei, Schleswig - Kappeln	01.01.	01.03.	17	5-10
Flensburg - Holnis	27.01.	30.01.	4	< 5

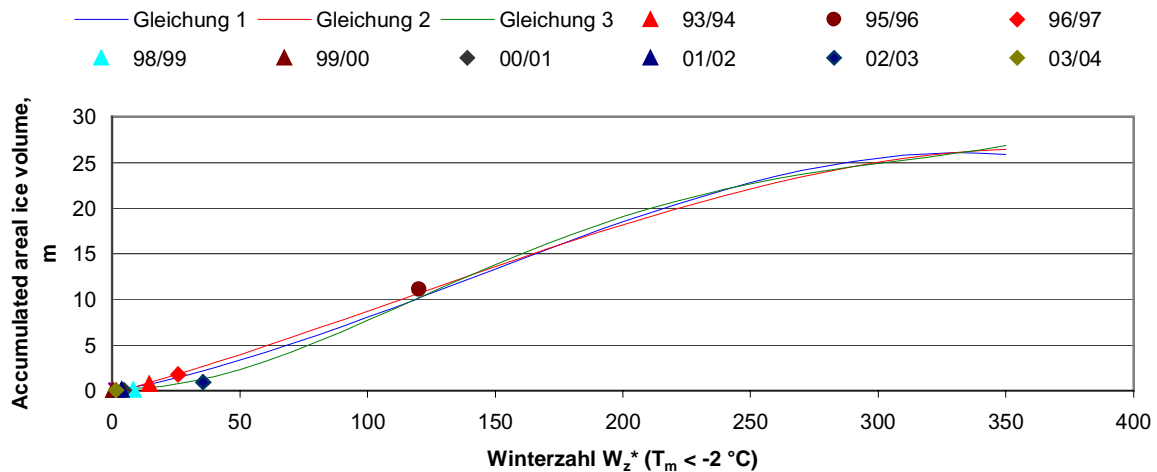


Abbildung 5.11. Regressionskurven für die flächenbezogene Eisvolumensumme und die Winterzahl W_z^* ($T_m < -2,0$ °C) von Schleswig

Figure 5.11. Regression lines for the accumulated areal ice volume and the Winterzahl W_z^* ($T_m < -2,0$ °C) at Schleswig

Gleichung 1: Für alle Winter / Equation 1: for all winters

$$V_{A\Sigma} = -0,1017 + 0,0506 W_z^* + 0,4033 \cdot 10^{-3} W_z^{*2} - 0,9588 \cdot 10^{-6} W_z^{*3}$$

**Gleichung 2: Für die Winter mit der „niedrigen“ relativen Luftfeuchtigkeit
Equation 2: For the winters with „low“ relative humidity**

$$V_{A\Sigma} = -0,2958 + 0,7705 \cdot 10^{-1} W_z^* + 0,1802 \cdot 10^{-3} W_z^{*2} - 0,5196 \cdot 10^{-6} W_z^{*3}$$

**Gleichung 3: Für die Winter mit der „hohen“ relativen Luftfeuchtigkeit
Equation 3: For the winters with „high“ relative humidity**

$$V_{A\Sigma} = 0,3061 - 0,1539 \cdot 10^{-1} W_z^* + 0,1361 \cdot 10^{-2} W_z^{*2} - 0,5324 \cdot 10^{-5} W_z^{*3} + 0,6229 \cdot 10^{-8} W_z^{*4}$$

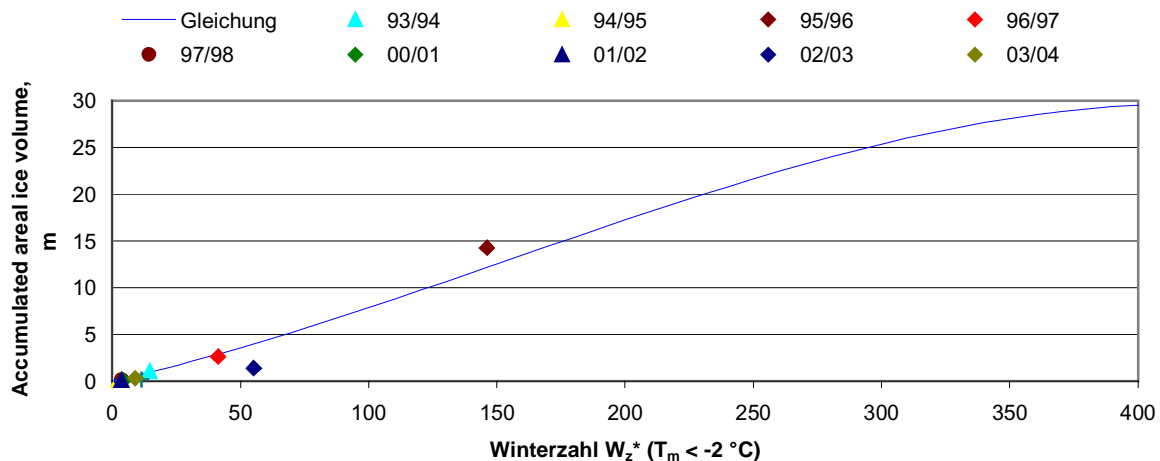


Abbildung 5.12. Regressionskurve für die flächenbezogene Eisvolumensumme der Küste Mecklenburg-Vorpommerns und die Winterzahl W_z^* ($T_m < -2,0$ °C) von Putbus (Greifswald)

Figure 5.12. Regression line for the accumulated areal ice volume of the coast of Mecklenburg-Vorpommern and the Winterzahl W_z^* ($T_m < -2,0$ °C) at Putbus (Greifswald)

Gleichung : Für alle Winter / Equation: For all winters

$$V_{A\Sigma} = -0,000709 + 0,0619 W_z^* + 0,213 \cdot 10^{-3} W_z^{*2} - 0,458 \cdot 10^{-6} W_z^{*3}$$

Der Zusammenhang der flächenbezogenen Eisvolumensumme und der Winterzahl

In der Arbeit "Die flächenbezogene Eisvolumensumme, eine neue Maßzahl für die Bewertung des Eiswinters an der Ostseeküste Schleswig-Holsteins und ihr Zusammenhang mit dem Charakter des meteorologischen Winters" (Koslowski, 1989) wurde die Regressionsanalyse zwischen der flächenbezogenen Eisvolumensumme (V_{AZ}) und der Winterzahl (W_z^*) für die Schleswig-Holsteinische Ostseeküste durchgeführt. Inzwischen wurde eine solche Abhängigkeit auch für die Küste Mecklenburg-Vorpommerns analysiert. In den Abbildungen 5.11 und 5.12 werden dazugehörige, empirisch gefundene Gleichungen mit den Werten der letzten 10 Eiswinter überprüft. Im betrachteten Zeitraum sind drei Eiswintertypen vertreten gewesen: schwache Eiswinter durch die Winter 1994/95, 1997/98, 1998/99, 1999/2000, 2000/01, 2001/02 und 2003/04; mäßige Eiswinter durch die Winter 1993/94, 1996/97 und 2002/03; starke bis sehr starke Eiswinter durch den starken Eiswinter 1995/96. Für die meisten der oben genannten Winter sind die Stärke des Eiswinters, ausgedrückt durch V_{AZ} , und sein meteorologischer Charakter, ausgedrückt durch die modifizierte Winterzahl (W_z^*), in einer sehr guten Übereinstimmung. Eine größere Abweichung vom theoretischen Wert weist der V_{AZ} - Wert der Eissaison 2002/03 auf. Bei Herleitung der Regressionsgleichung wurde bereits festgestellt, dass die Werte im Bereich der mäßigen und starken Eiswinter erheblich streuen. Hier könnten neben den Lufttemperaturen auch andere meteorologische Faktoren einen nicht vernachlässigbaren Einfluss auf die Eisentwicklung haben. Zum Beispiel wird der V_{AZ} - Wert der Eissaison 2002/03 durch die Gleichung, die für die Winter mit "hoher" relativer Luftfeuchtigkeit (Taupunktdifferenz für Schleswig = 1,4 °C) abgeleitet wurde, besser beschrieben als durch die allgemeine Gleichung (Koslowski, 1989).

Der Eiswinter 2003/04 im nördlichen Ostseeraum

Der Eiswinter im nördlichen Ostseeraum begann in der letzten Novemberwoche, gut zwei Wochen später als im langjährigen Mittel, und endete etwa zum durchschnittlichen Termin. Damit war diese Eissaison diesmal kürzer als normal, aber die maximale Eisausdehnung in der Ostsee erreichte mit ca. 155 000 km² die Ausdehnung eines **mäßigen** Eiswinters (Seina, Palosuo, 1993). Der Vereisungshöhepunkt mit einer vollständigen Eisbedeckung des Finnischen, Rigaischen und nördlichen Bottnischen Meerbusens, mit den breiteren Treibeisgürteln entlang der Bottenseeküsten und einem schmalen Neueisgürtel entlang der Küste der Nördlichen Ostsee wurde um den 11. März registriert (siehe Abbil-

Correlation between the accumulated areal ice volume and the "Winterzahl"

In the paper "Die flächenbezogene Eisvolumensumme, eine neue Maßzahl für die Bewertung des Eiswinters an der Ostseeküste Schleswig-Holsteins und ihr Zusammenhang mit dem Charakter des meteorologischen Winters" (Koslowski, 1989), a regression analysis was performed between the accumulated areal ice volume (V_{AZ}) and the "Winterzahl" (W_z^*) for the Baltic coast of Schleswig-Holstein. Meanwhile, this correlation has also been analysed with respect to the coast of Mecklenburg-Vorpommern. In Figures 5.11 and 5.12, relevant equations based on empirical data are checked against the data of the past ten ice winters. Three types of ice winter occurred in the period under review, weak ice winters in 1994/95, 1997/98, 1998/99, 1999/2000, 2000/01, 2001/02 and 2003/04, moderate ice winters in 1993/94, 1996/97 and 2002/03, and severe to very severe ice winters in 1995/96. For most of the above winters, the severity of the ice winter, expressed by V_{AZ} , and its meteorological characteristics, expressed by the modified "Winterzahl" (W_z^*), are in very good agreement. A major deviation from the theoretical V_{AZ} value was found in the 2002/03 ice season. When deriving the regression equation, it had already been found that the values in the range of moderate and strong winters scatter considerably. Here, other meteorological influences apart from air temperatures may have had a noticeable impact on the development of ice. For example, the V_{AZ} value of the ice season of 2002/03 is described better by the equation for winters having a high relative humidity (dew point difference = 1.4 °C) than by the general equation (Koslowski, 1989).

The ice winter of 2003/04 in the northern region of the Baltic Sea

The ice winter in the northern Baltic began in the last week of November, more than two weeks later than the long-term mean, and ended at about the normal date. Although the ice season consequently was shorter than normal, the maximum ice cover of the Baltic Sea (about 155,000 km²) was that of a **moderate** ice winter (Seina, Palosuo, 1993). Maximum ice coverage, with the Gulfs of Finland and Riga as well as the northern Gulf of Bothnia completely covered with ice, a wide belt of drift ice along the coasts of the Sea of Bothnia and a narrower belt of new ice on the coasts of the northern Baltic, was reached around 11 March (see Figure 5.13). At this point, the maximum thickness of fast ice in the skerries region was 50-

dung 5.13). Die maximalen Eisdicken des Schärenfesteises erreichten zu diesem Zeitpunkt Werte von 50-70 cm in der nördlichen Bottenvik, 30-45 cm im Norra Kvarken, 10-45 cm in der Bottensee, 40-55 cm im östlichen Finnischen Meerbusen, 15-35 cm im Moonsund und in der Pärnubucht des Rigaischen Meerbusens. Das überwiegend 20-50 cm dicke Treibeis auf See in der Bottenvik wurde örtlich zu schwierigen Presseisrücken zusammengesoben, die die Schifffahrt erheblich behinderten. Die See im Ostteil des Finnischen Meerbusens war zum Vereisungshöhepunkt mit 30-45 cm dickem, sehr dichtem und aufgepresstem Eis bedeckt, im Westteil trat 10-35 cm dickes, sehr dichtes, teilweise aufgepresstes und übereinandergeschobenes Treibeis auf.

70 cm in the northern Bay of Bothnia, 30-45 cm in Norra Kvarken, 10-45 cm in the Sea of Bothnia, 40-55 cm in the eastern Gulf of Finland, 15-35 cm in the Moon Sound and Pärnu Bay in the Gulf of Riga. The mostly 20-50 cm thick drift ice in the Bay of Bothnia piled up in some areas and formed ice ridges posing major difficulties to navigation. The maximum ice cover in the eastern part of the Gulf of Finland was reached when the sea was covered with 30-45 cm thick, very close and ridged ice, and in the western part with 10-35 cm thick, very close, partly ridged and rafted drift ice.

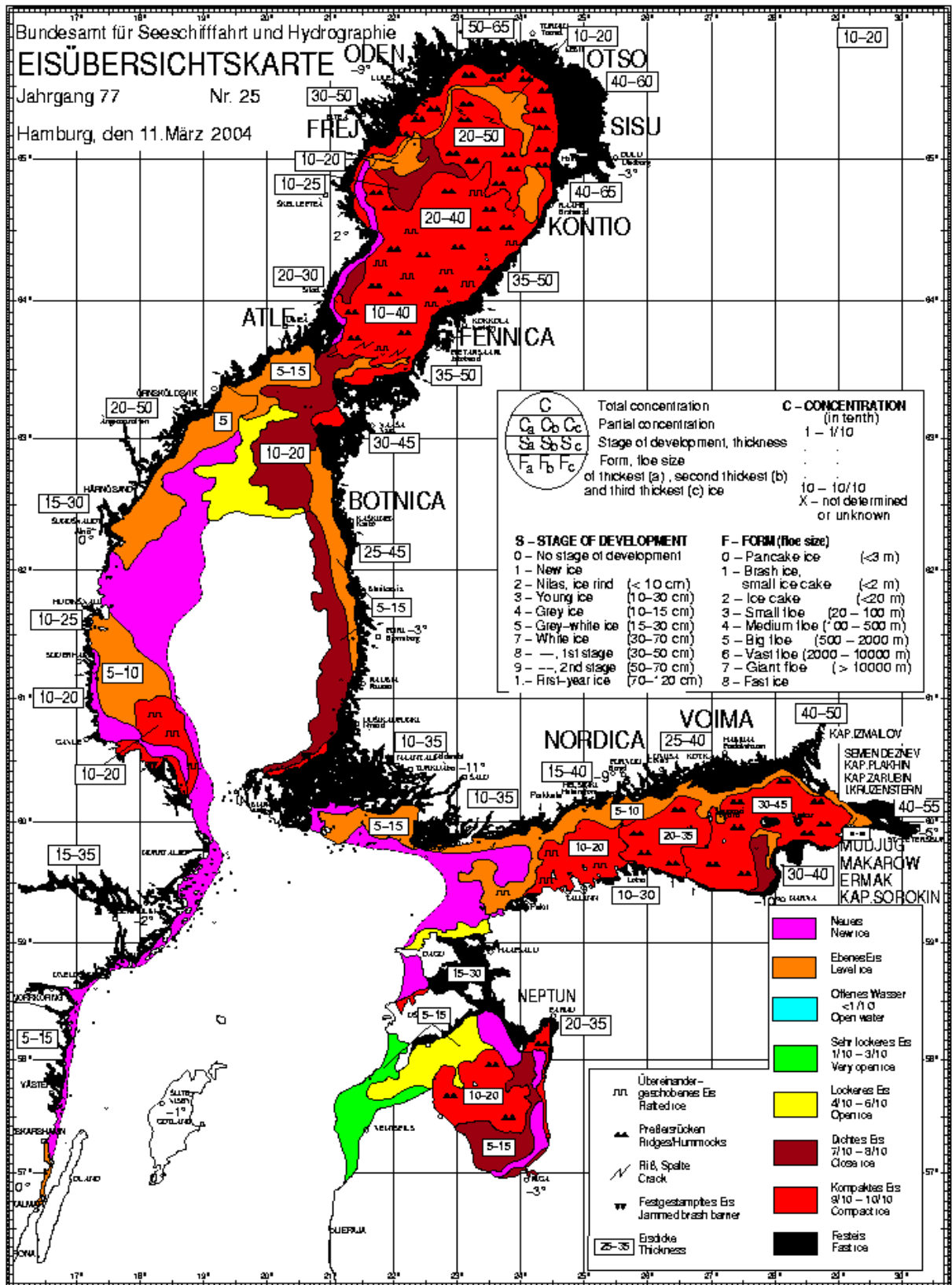


Abbildung 5.13. Eisübersichtskarte vom 11. März mit maximaler Eisausdehnung im Winter 2003/04
 Figure 5.13. Ice map from 11th March with the maximum ice extent in the winter of 2003/04

6. Ice Conditions in the Szczecin Lagoon and Pomeranian Bay During the Winter 1999/2000

The ice winter of 1999/2000 is the third *mild* ice winter after 1997/98 and 1998/99. In the southern Baltic, mild ice winters occur with a relative frequency of 36% (reference period 1961 – 1990).

Meteorological conditions in the 1999/2000 winter period

December 1999

December 1999 was a month of vivid cyclonal activity, with a comparatively warm westerly air flow over Europe. There were only sporadic intrusions of Arctic air masses which followed several very active depressions tracking east and northeast across the Baltic Sea. Negative air temperatures occurring at the Baltic Sea coasts were due to radiative cooling in transient high pressure areas of weak pressure gradients.

Minimum air temperatures in the area of Szczecin Lagoon were recorded on 6 December (the night minimum fell to about -2°C), in the week preceding Christmas (between -0.5° and -4.3°C), and in the two nights before New Year's Eve (-0.2° and -3.0°C in Szczecin). This was only weakly reflected in the water temperatures, which oscillated between 4.8°C at the beginning of the month and 0.5°C in the coolest spell between 20 and 23 December.

January 2000

In the first nine days of the month, intensive westerly air flow continued over Europe. However, compared to December, the routes of the eastward moving cyclones shifted farther to the north, so that in the entire central belt of continental Europe including the southern coasts of the Baltic Sea, higher pressure and a weaker gradient prevailed. Air temperatures in the area of Szczecin Lagoon varied between 1° and 6°C . From 9 January, central Europe was covered by a high-pressure system whose centre oscillated between the Biscay and the Black Sea. The polar maritime air masses slowed down and stagnated, cooling to negative values which were not very low, however. In the area of Szczecin Lagoon, the minimum temperatures in the days from 12 to 16 January oscillated between -1.5° and -6.0°C .

Between 16 and 23 January, the air flow over central Europe changed temporarily from southwesterly and southerly directions to the northwesterly and northeasterly due to an anticyclone which appeared off the British Isles on 13 January and spread eastward. Along its eastern edge, several depressions tracked southeast, accompanied by stormy winds over the Baltic Sea. Between 22 and 26 January, the ridge of the anticyclone extended across Scandinavia and Central Europe. This pressure pattern initially led to an inflow of fresh polar maritime air into the Baltic Sea area. In the area of Szczecin Lagoon, a warmer spell between 17 and 19 January was again followed by negative air temperatures. Daily mean values varied between about -1° and -6°C , and minima between about -1° and -14°C . The cold spell continued until 26 January. On 27 January, the westerly air flow returned and air temperatures again reached positive values.

February 2000

In February, westerly air flow prevailed. Only between 20 and 23 February did a ridge of high pressure form over Central Europe.

Mean air temperatures in the area of Szczecin Lagoon were positive, except the above-mentioned short spell of higher pressure and negative night minima, when the minimum air temperature in Szczecin one night dropped as low as -6.8°C (on 22 February). The water temperature fell only to 1.0°C .

Table 6.1. Air and water temperatures in the Szczecin Lagoon and Pomeranian Bay in the winter of 1999/2000

Monthly mean of the AIR TEMPERATURES IN °C									
	Szczecin, Zalew Szcz.			Ueckermünde, Zalew Szcz.			Świnoujście, sea area		
December	2.4			2.3			2.3		
January	1.4			1.6			1.6		
February	4.0			4.0			3.9		
WATER TEMPERATURES IN °C									
	Szczecin, Zalew Szcz.			Trzebież, Zalew Szcz.			Świnoujście, sea area		
	min		max.	min		max.	min		max.
December	0.5		4.8	0.6		4.8	0.3		5.5
Monthly mean:		2.8			2.6			3.1	
January	0.1		2.6	0.1		2.4	0.0		2.5
Monthly mean:		1.2			1.4			1.2	
February	1.0		4.5	2.4		4.8	1.6		3.6
Monthly mean:		3.3			3.6			2.7	

Daily mean air temperatures in the winter of 1999/2000 were above 0°C, with the exception of four short frost periods, as shown in Figure 6.1 (Ueckermünde station, data from German Weather Service). Only two of these frost periods caused some ice formation in the inner coastal waters. The first frost period started on 19 December and continued until 23 December. First ice formation was observed in the protected coastal lagoons on 23 December. The period with negative mean daily air temperatures, which lasted from 21 to 25 January, again caused ice formation in the inner waters for about one week.

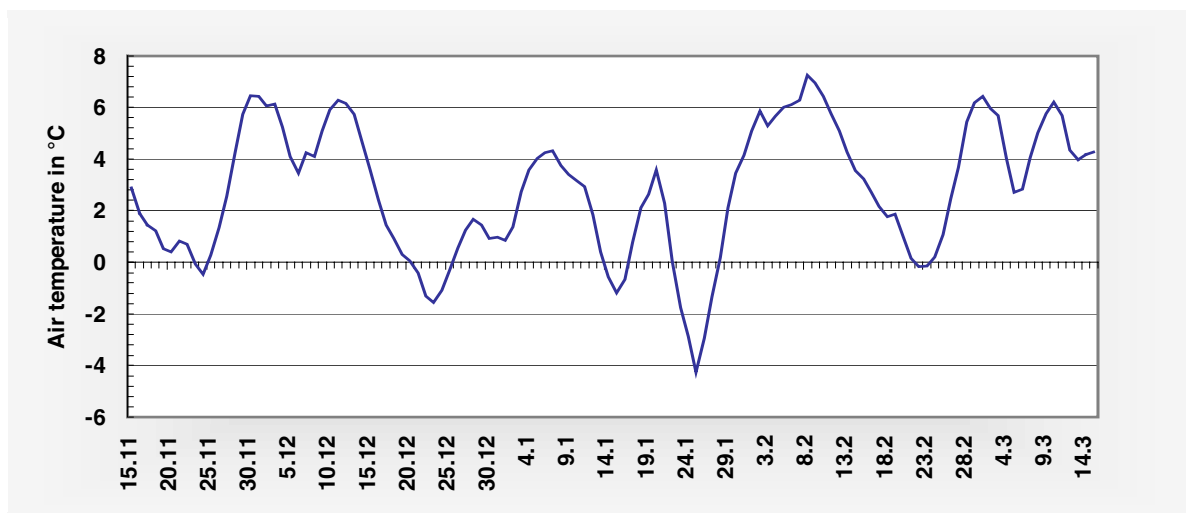


Figure 6.1. Running 5-day means of air temperature in Ueckermünde in the winter of 1999/2000

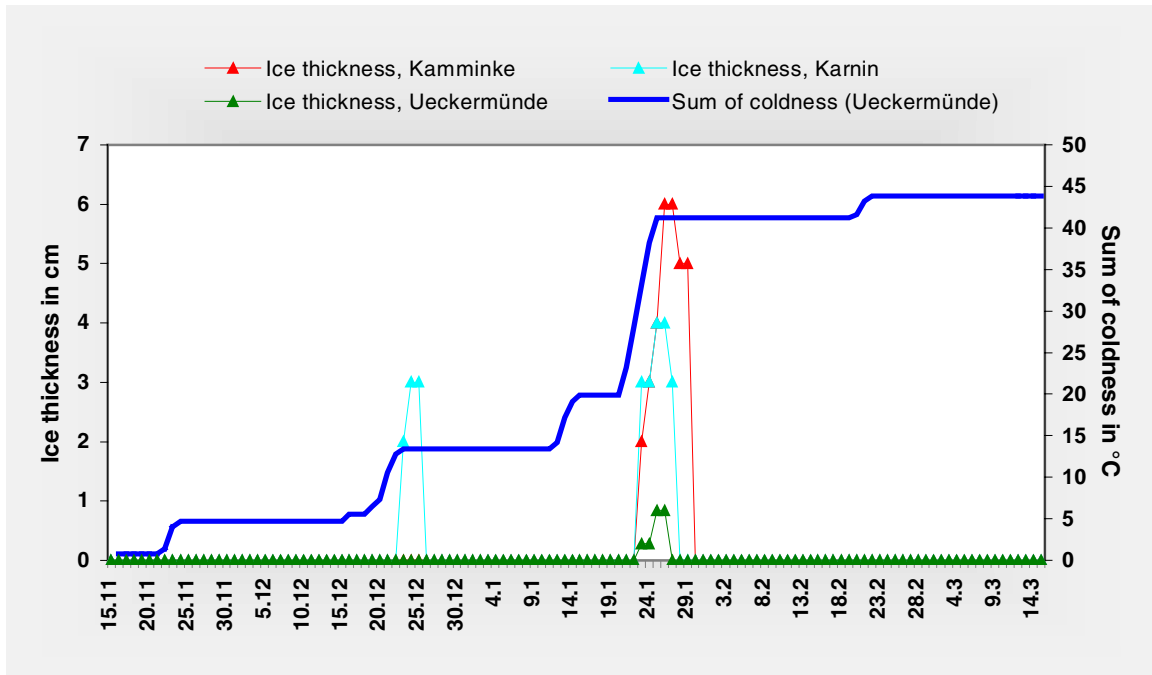


Figure 6.2. Accumulated sum of coldness and measured ice thickness in the Szczecin Lagoon in the winter of 1999/2000

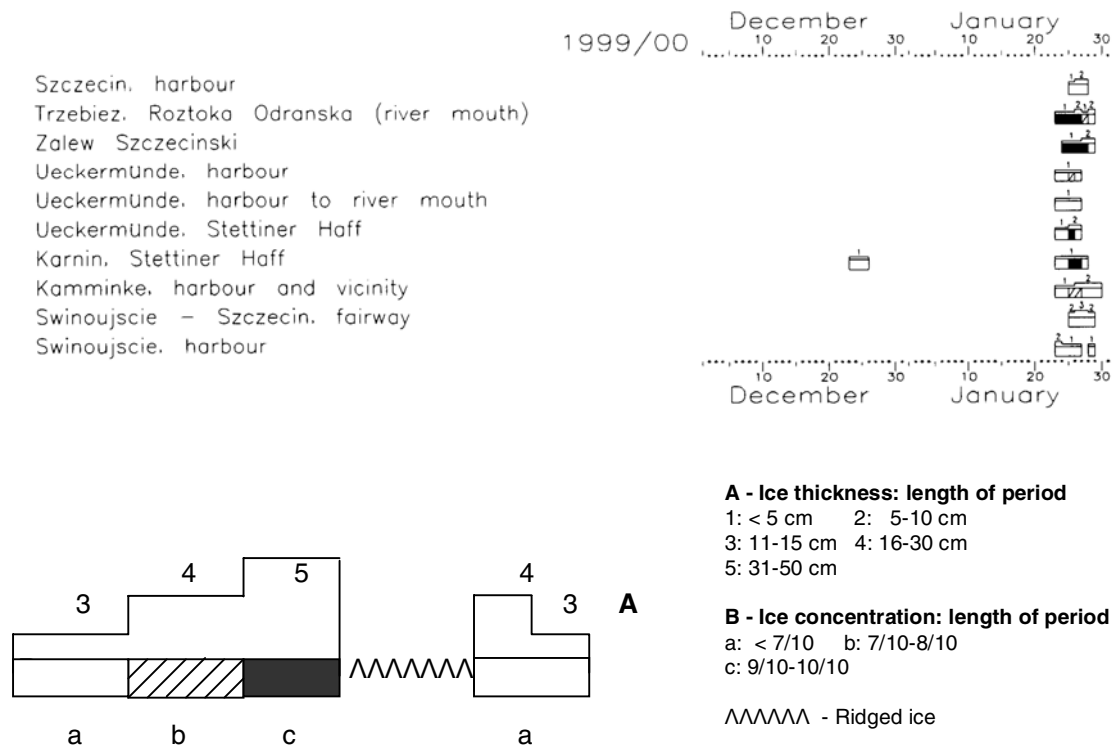


Figure 6.3. Ice concentration and thickness in the Szczecin Lagoon during the winter of 1999/2000

Characteristics of the 1999/2000 ice season in the Szczecin Lagoon and Pomeranian Bay

The 1999/2000 ice season in the coastal waters of Mecklenburg-Vorpommern was very short. In the first frost period, first ice formed only in Karnin during three days from 23 December (Figure 6.3). In all other areas of Szczecin Lagoon, first ice did not form until the third frost period in the second decade of January. Thin ice covered the near-shore areas, reaching 4 to 6 cm thickness by 26 January (Figure 6.2). In the harbours and in the Szczecin - Świnoujście navigation channel, very open to open ice up to 5 cm thickness was observed on three to six days during this period. The Pomeranian Bay remained completely ice-free.

On 30 January, the whole area of Szczecin Lagoon was reported to be ice-free.

In the winter of 1999/2000, the ice cover in the area of Szczecin Lagoon lasted from 3 to 8 days. During the time of ice formation, navigation in the inner parts of the Szczecin Lagoon was difficult for small and low-powered vessels, but otherwise the central part of the Szczecin Lagoon was nearly free of ice and easy to navigate during the whole ice season 1999/2000.

Trends of Ice Conditions in the Szczecin Lagoon in the period 1929-2000

The development of ice conditions in the Szczecin Lagoon is analysed on the basis of the data reported by the Ueckermünde station, which is located on the southern shore of Kleines Haff. The observation period starts in the winter of 1928/29 and covers the complete period up to the present, with only the winters of 1944/45 and 1945/46 missing. The data on the beginning and end of ice occurrence and on the number of days with ice up to winter 1946/47 are given in (Blüthgen, 1954).

Table 6.2. Statistics of the ice parameters (only for winters with ice)

Station: [Ueckermünde](#), Szczecin Lagoon

Period of observations: [1928/29 - 1999/2000](#) (no data from the winters 44/45, 45/46)

Number of observed winters	70
Number of winters with ice	68
Number of winters without ice	2

Calculations	Beginning of ice formation			End of ice occurrence		
	earliest	median	latest	earliest	median	latest
(only for winters with ice)	13.11.	18 Dec	23.02.	06.12.	9 March	21.04.
	(1940/41)		(1943/44)	(1988/89)		(1995/96)
St. deviation		± 22			± 29	
Calculations	Number of days with ice			Max. ice thickness in cm (since 46/47)		
	min	mean	max.	min	mean	max.
(only for winters with ice)	3	58	141	1	20	50
			(1995/96)			(1946/47)
St. deviation		± 36			± 13	

The data for all winters since 1946/47 have been taken from the observation records, which made it possible to include the ice thickness measurement data in the study. Table 6.2 shows the median and extreme ice parameters for the 70-year period, considering only winters with ice. In the very mild winters of 1973/74 and 1974/75, no ice formation occurred in the Kleines Haff area, where the relative frequency of ice occurrence normally is very high, at 97%.

The median and extreme ice data of the 70-year period of observations do not differ markedly from the statistical data of the 30-year normal period (Sztobryn, Stanisławczyk, Schmelzer, 1999). Possible trends in the development of various ice parameters during the 70-year period are briefly discussed below.

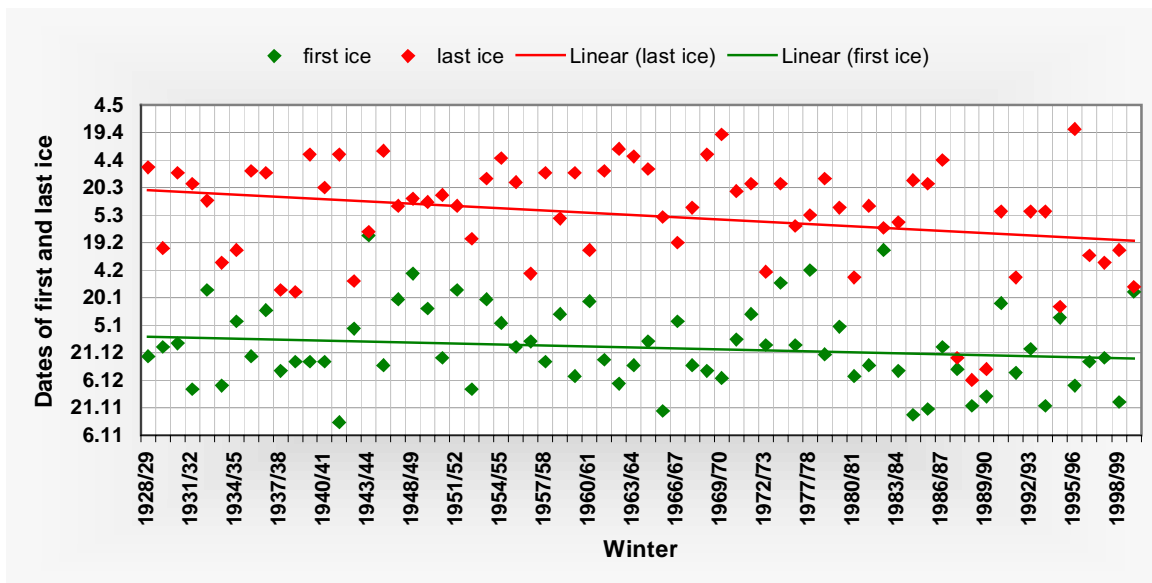


Figure 6.4. Beginning of freezing and end of ice season at the Ueckermünde station (Szczecin Lagoon) in the period 1929-2000

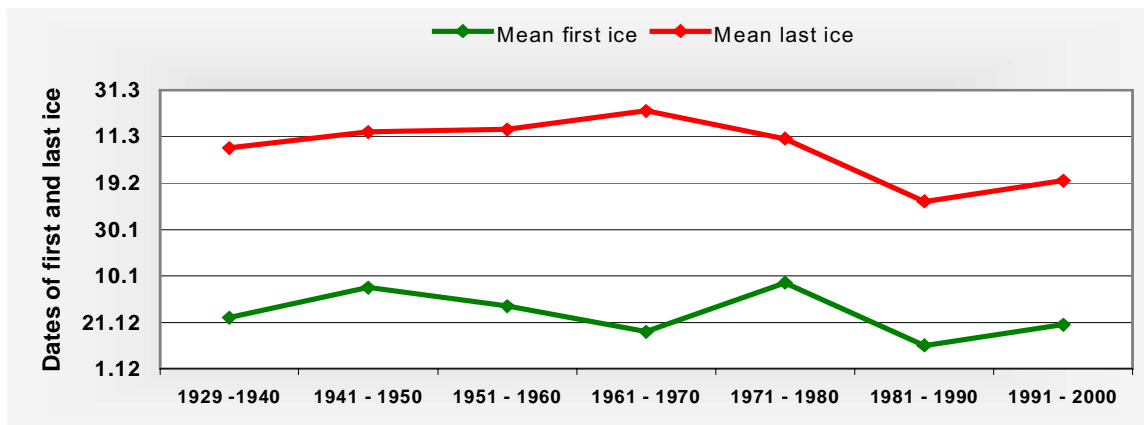


Figure 6.5. Variation of the 10-year mean values of first and last ice at the Ueckermünde station in the period 1929-2000

Figure 6.4 shows the dates of first ice formation and last ice occurrence in all winters of the 1929-2000 period. The winters of 1944/45 and 1945/46 (no data available) as well as 1973/74 and 1974/75 (no ice formation) have not been taken into account. The linear trend curves of both parameters have negative slopes, but that of first ice formation is much weaker than that for the end of the ice season. Evaluating these data, one can say that on average over the past 70 years there has been an almost unchanged trend for first ice formation in the second decade of December, while the last ice on average disappears earlier and earlier. This trend is particularly obvious in the last 30 years of the period considered (see Figure 6.5).

The number of days with ice is shown in Figure 6.6. Like the data for first and last ice formation, this parameter, too, clearly shows a declining trend in the last 30 years. The negative trend becomes even more apparent in Figure 6.7, which shows the variation of the 10-year mean values of the number of days with ice. Also the maximum ice thickness data (Figure 6.8) show the weak declining trend, but in this case it may be due to the increasing number of winters with weak ice formation during the past 30 years. The maximum ice thickness, measured in moderate or in strong to very strong ice winters, today reaches the same values as 56 years ago.

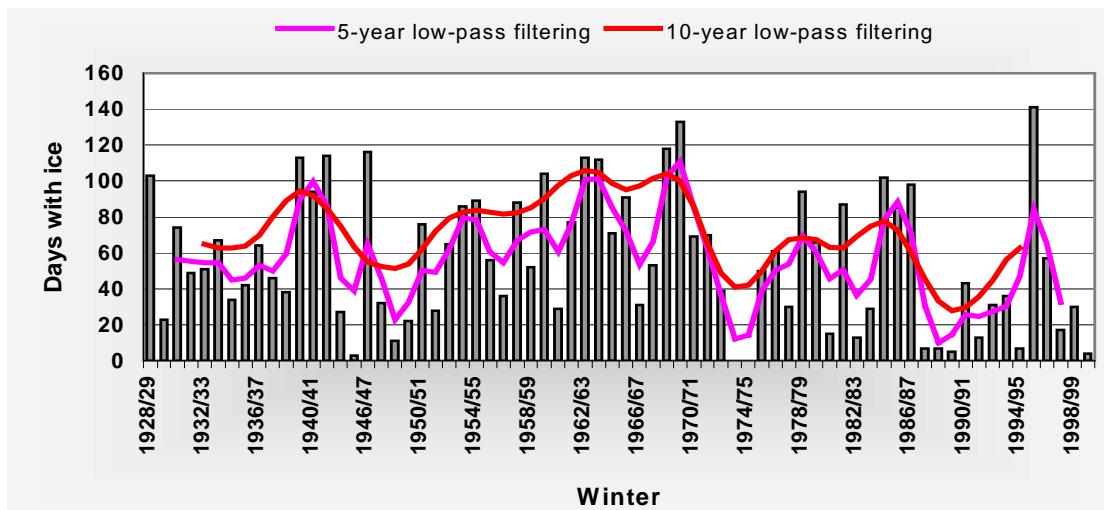


Figure 6.6. Variation of the number of days with ice at the Ueckermünde station (Szczecin Lagoon) in the period 1929-2000

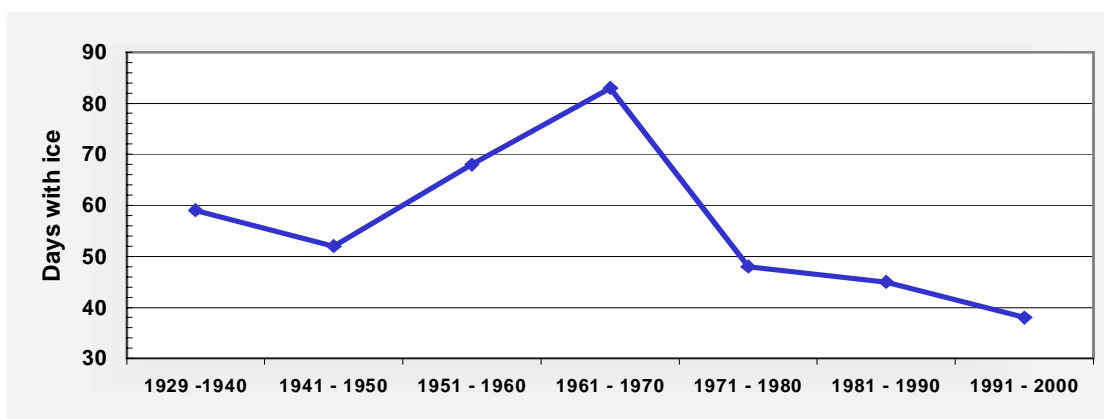


Figure 6.7. Variation of 10-year mean values of the number of days with ice at the Ueckermünde station (Szczecin Lagoon) in the period 1929-2000

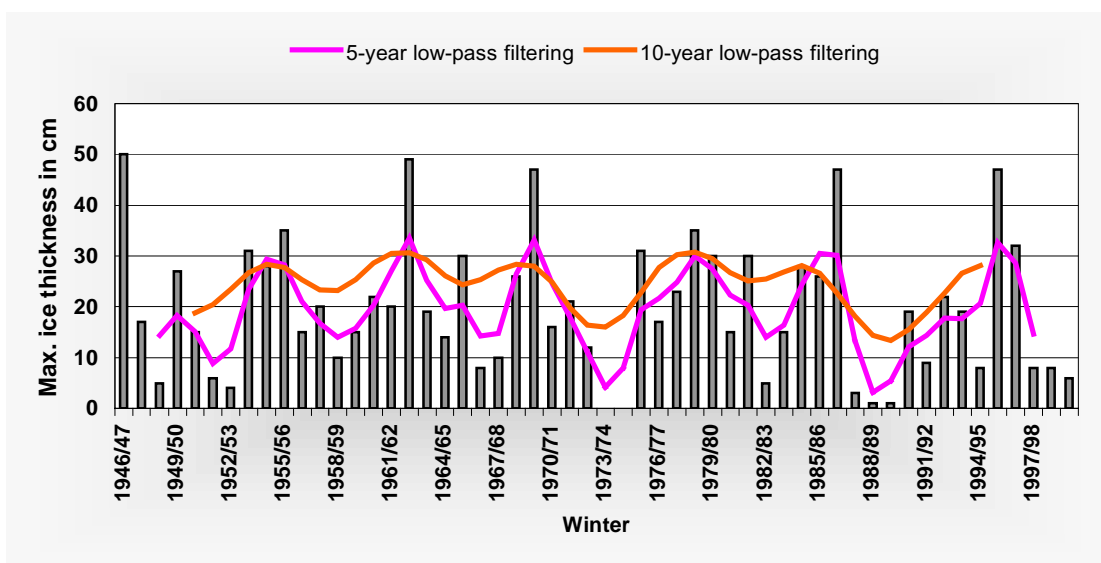


Figure 6.8. Variation of maximum ice thickness at the Ueckermünde station (Szczecin Lagoon) in the period 1947-2000

7. Ice Conditions in Szczecin Lagoon and Pomeranian Bay During the Winter of 2000/01

In the ice winter of 2000/01, the reduced ice sum (a measure of the length of the ice winter) determined for the coastal waters of Mecklenburg - Vorpommern was one day. The accumulated areal ice volume (a measure of the severity of an ice winter) reached a value of 0.03 m, allowing a classification of the 2000/01 season as a **very weak** ice winter.

Meteorological conditions in the 2000/01 winter period (information from Deutscher Wetterdienst - German Weather Service)

November 2000

November 2000 was very mild. The maximum daily temperatures in the area of the Szczecin Lagoon ranged between 6 and 12 °C. The highest temperature was recorded on 29 November, when southerly winds led to a daily mean temperature of 9.8 °C in Ueckermünde. Air temperatures at night were also positive, and freezing temperatures occurred only near the ground.

December 2000

The first half of the month was unusually mild, with air temperatures exceeding the long-term reference values by about 5 °K. On 12 December, subtropical maritime air was temporarily transported from the Bay of Biscay to Central Europe at the edge of a large depression system over Northern Europe. In the area of the Szczecin Lagoon (Ueckermünde), daily maximum temperatures of 13 °C were reached on 13 December. During the next days, colder maritime air from the north-west flowed into this area, and air temperatures dropped to normal seasonal values. From 19 December, the anticyclone over Northern Europe influenced large areas of Europe. On 22 December, its centre was located over Poland. The daily minimum air temperature of -6.4 °C was measured in Ueckermünde on 23 December. During the next days, the high-pressure system moved southeastwards, and low-pressure systems influenced the weather in the area of the Szczecin Lagoon until the end of the month. Air temperatures were around 0 °C.

January 2001

In the first decade of January, the low-pressure systems continued to influence the weather in Central Europe, with relatively warm and humid air flowing into the coastal regions. A strong anticyclone developed at the beginning of the second decade, which was located between Iceland and Scotland on 10 January. On the following days, it moved across the North Sea toward the Baltic, causing an inflow of Arctic air which determined the weather in Central Europe until 17 January. Night frosts occurred in all nights from 11 to 23 January, and on 5 days during this period below-zero temperatures were also recorded during the day. The last days of January again saw positive air temperatures in Ueckermünde, so that also the second month of winter was generally too mild.

February 2001

Negative daily mean air temperatures were recorded in Ueckermünde at the beginning and end of the month, with some heavy snowfalls. On 3, 4, and 24 February, the maximum temperatures remained below zero. From 6 February, however, inflowing subtropical air led to mild weather. Until 22 February, the air temperatures were clearly above 0 °C. Also the last winter month thus was about 1 °K too mild as compared to the mean value of the normal series.

March 2001

After the winter months which were much too warm, it was the first month of spring which brought lower temperatures again, about 0.5 °C below the reference value in the coastal areas. Frost was recorded in 16 nights, and negative daily mean air temperatures occurred on 10 days. Surface water temperatures in the inland waters of Mecklenburg-Vorpommern, at 1.4 - 4.2 °C, were about normal. Negative deviations were only observed in the first decade of March (LUNG, 2001).

According to information from the Deutscher Wetterdienst the mean air temperature and number of days with negative daily mean air temperature for the area of Szczecin Lagoon in the winter months of 2000/01 were as follows:

Table 7.1. Air temperatures in °C for the station Ueckermünde in the winter of 2000/01

Ueckermünde, Szczecin Lagoon			
	Monthly mean	Normal value and (deviation)	Number of days with frost and (sum of coldness in °C)
November	6.5	4.4 (+2,1)	0 (0)
December	3.1	0.9 (+2.2)	9 (-19.7)
January	0.7	-0.9 (+1.6)	12 (-18.1)
February	1.1	-0.2 (+1.3)	10 (-35.6)
March	2.4	2.8 (-0.4)	10 (-11.6)

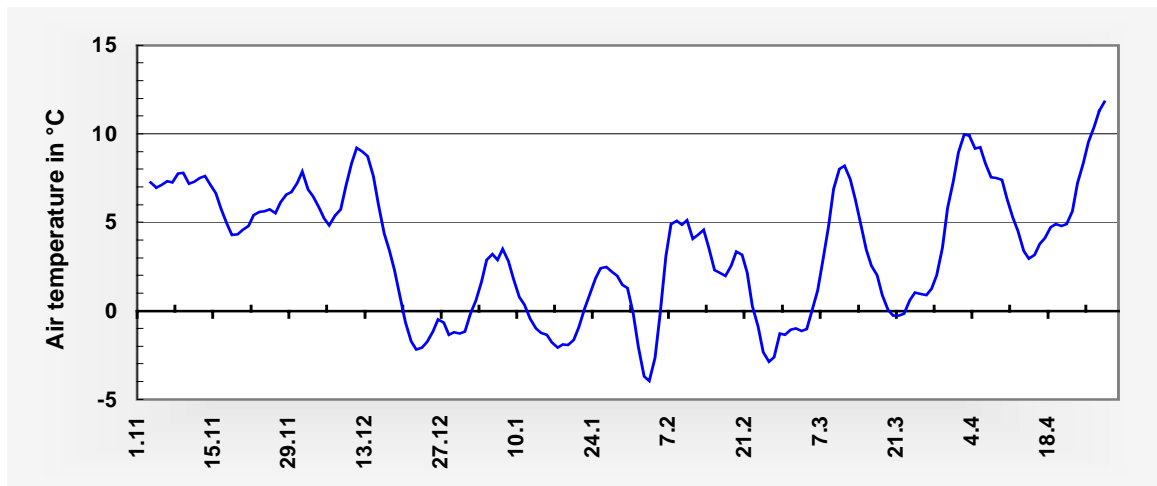


Figure 7.1. Running 5-day means of air temperature in Ueckermünde in the winter of 2000/01 (data from German Weather Service)

The air temperature mean values in December, January, and February at the Ueckermünde station were 1 - 2 °K higher than the mean values from the years 1961-1990. Five cold spells, interrupted by periods with positive temperatures, were recorded during this year's winter season (Figure 7.1). Water temperatures in the southern part of the Pomeranian Bay briefly reached critical values near 0 °C in the third decade of January. With rising air temperatures in the following week, also the water temperatures increased again without any new ice having formed. There was no other period during the 2000/01 winter season when ice could have formed in the Pomeranian Bay (Figure 7.2).

Table 7.2. Water temperatures in °C in Koserow (at 3 m depth) in the winter of 2000/01 (MURSYS, 2001)

Koserow, sea area			
	Mean	Minimum	Maximum
November	7.9	4.2	10.0
December	5.5	2.4	6.9
January	2.3	0.9	3.1
February	1.5	0.6	2.5
March	2.0	1.0	3.7

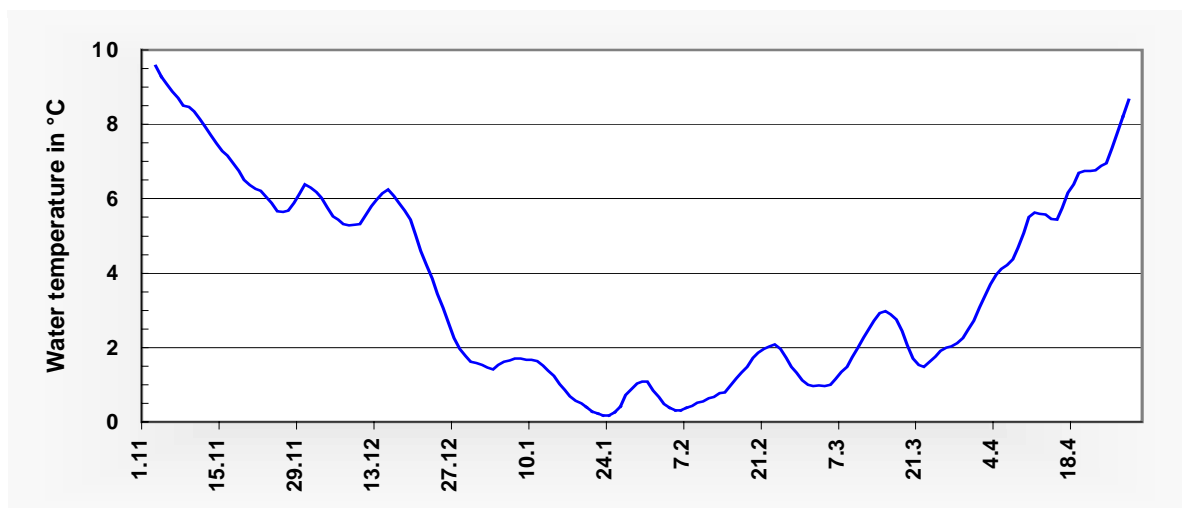


Figure 7.2. Running 5-day means of surface water temperature in Świnoujście in the winter of 2000/01 (measured daily at 6:00 UTC, data from IMGW)

Characteristics of the 2000/01 ice season in Szczecin Lagoon and Pomeranian Bay

Meteorological developments led to three short ice periods in the study area in the winter of 2000/01 (Figure 7.3):

- Szczecin, harbour
- Trzebież, Rostoka Odranska (river mouth)
- Zalew Szczeciński
- Ueckermünde, harbour
- Ueckermünde, harbour to river mouth
- Ueckermünde, Stettiner Haff
- Karnin, Stettiner Haff
- Kamminke, harbour and vicinity
- Swinoujście – Szczecin, fairway
- Swinoujście, harbour

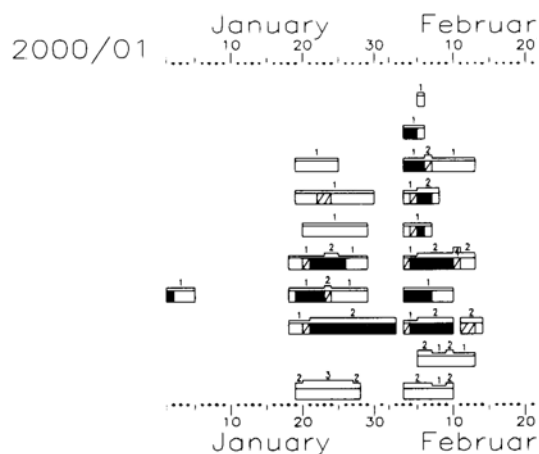
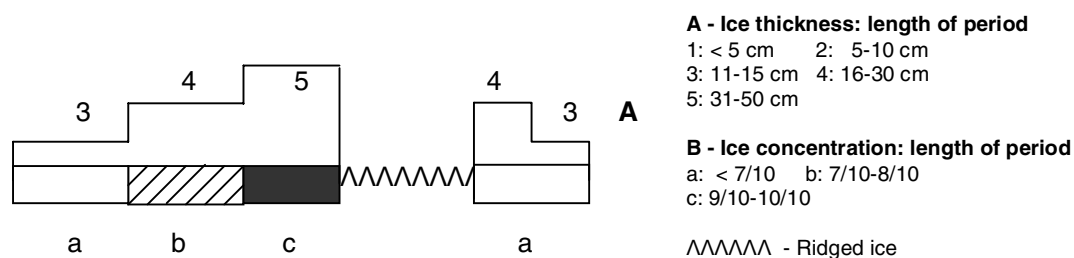


Figure 7.3. Ice concentration and thickness in the Szczecin Lagoon during the winter of 2000/01.



First ice occurred in the protected near-shore waters of the Szczecin Lagoon in early January. This frost period lasted only 4 days.

The second frost period began in the second decade of January and lasted until the end of the month in enclosed areas. During this period, the ice development reached its maximum in terms of growth and extent.

Following a brief interruption of a few ice-free days, new ice began to form again during the first days of February throughout the Szczecin Lagoon. Ice formation was promoted by strong snowfall. The third frost period was exactly as short as the second one, and on 13 February Kamminke was the last observation station reporting its area of the Szczecin Lagoon ice-free.

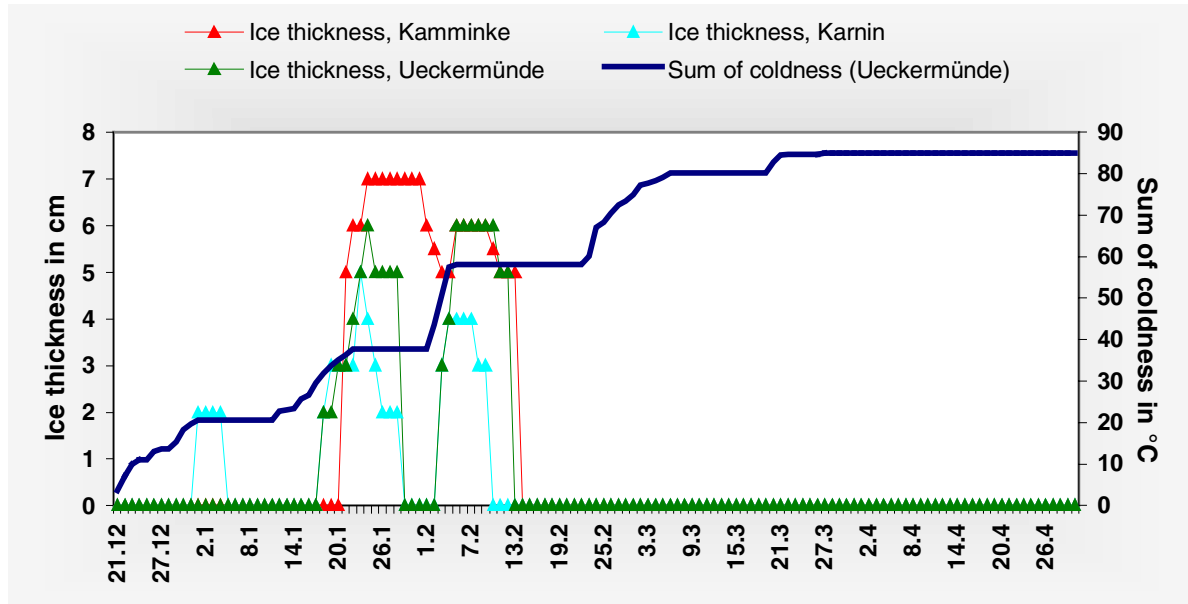


Figure 7.4. Accumulated sum of coldness and measured ice thickness in the Szczecin Lagoon in the winter of 2000/01

The number of days with ice in the western coastal waters of the Szczecin Lagoon is between 21 and 25 days, in the eastern and central parts one to two weeks less. The thickness of level ice reached its maximum value of 7 cm during the second frost period in late January (Figure 7.4). The Pomeranian Bay remained completely free of ice in the winter of 2000/01.

During the first two ice periods, navigation in the Szczecin Lagoon was hardly obstructed. Major difficulties were encountered by smaller vessels during the third frost period, in the time between 4 and 10 February. Negative air temperatures (from 1 February) and strong snowfall led to new ice formation in large areas, mainly in the form of ice or snow slush. Temporary freshening of northeasterly winds caused the ice to form compact belts up to 30 cm thick in some places. On the satellite image showing the ice situation on 8 February (Figure 7.5), remnants of an ice belt along the south coast are still visible which, despite rising air temperatures (from 6 February) and winds veering south continued to obstruct small craft navigation until 10 February.

On 11 and 12 February, freshening southerly winds caused the ice remnants from the south coast to accumulate along the north coast (Figure 7.6). Rising temperatures and variable wind directions on the following days caused the ice in the Szczecin Lagoon to melt within a few days.



Figure 7.5. Ice situation on 8 February 2001 in western part of Szczecin Lagoon

ERS-2 / SAR
08.02.2001-10:06 UTC
Processing: DLR Neustrelitz
Copyright: ESA

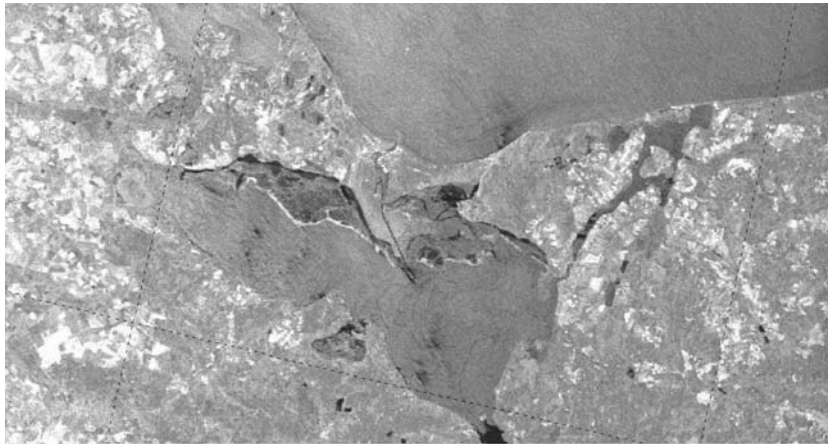


Figure 7.6. Ice situation on 12 February 2001 in Szczecin Lagoon

ERS-2 / SAR
12.02.2001-21:04 UTC
Processing: DLR Neustrelitz
Copyright: ESA

8. Ice Conditions in the Szczecin Lagoon and Pomeranian Bay in the Winter of 2001/02

The winter of 2001/02 was generally too mild, like the four winter seasons preceding it. With respect to the length of the ice season and ice thickness measured in the coastal waters of Mecklenburg-Vorpommern, the ice winter of 2001/02 has to be classified as *very mild*.

Meteorological conditions in the 2001/02 winter period (information from Deutscher Wetterdienst - German Weather Service)

November 2001

At the beginning of the month, mild maritime air prevailed over North Germany. Daily maximum temperatures in the area of Szczecin Lagoon rose to 12 °C. On 5 November, a strong anticyclone developed over the East Atlantic which moved slowly toward Great Britain around the middle of the month. It did not dissolve until the beginning of the last decade. Low pressure prevailed temporarily over Eastern Europe, causing a northwesterly air flow over Central Europe which repeatedly brought cold Arctic air and only short spells with inflows of milder maritime air. At a monthly mean temperature of 4.2 °C in Ueckermünde, November in the coastal regions of Vorpommern was 0.2 °K too cold.

December 2001

Until 4 December, cold continental air flowed into Eastern Germany at the edge of a strong anticyclonic system over the Ural. Light freezing temperatures were recorded at night, and air temperatures during the day hardly rose above 0 °C. On 5 December, mild maritime air began to flow in from the west and determined the weather for three days, after which the wind veered N, then E, initiating a frost period. With brief interruptions, it brought a cold and dry spell lasting from 8 to 24 December. In the last decade of the month, the weather in the area of the boundary waters was determined by a NW weather regime with abundant snowfall. At a monthly mean temperature of 0.1 °C, December in the area of Szczecin Lagoon was 1 °K too cold.

January 2002

In the first two weeks of January, the weather in Germany was influenced mainly by anticyclonic systems which brought cold winter weather in the first half of the month. In the area of Szczecin Lagoon, freezing temperatures were recorded almost every night until 18 January. On 4 January, an inflow of cold continental air from the east and the absence of cloud cover due to anticyclonic conditions caused the air temperatures over snow in Ueckermünde to drop as low as -11 °C during the night. Until the middle of the month, daily air temperatures were mostly below zero. From 17 January, Atlantic low-pressure troughs brought milder air. The highest daily temperatures at the end of the month ranged between 11 and 13 °C. January 2002 in the area of Szczecin Lagoon generally was about 3 °K too mild. Despite clearly above-average air temperatures, the surface temperature of the coastal waters of Mecklenburg-Vorpommern still was more than 1 °K too cold in mid-January (LUNG, 2002).

February 2002

The extremely mild SW weather regime in Central Europe since late January persisted until mid-February, causing far too mild weather in the area of the boundary waters. On 13 February, maritime Arctic air began to flow into central Europe between an anticyclone over the British Isles and an eastward tracking cyclone over the Baltic States, and night frosts were again recorded in Ueckermünde after about 3,5 weeks of mild weather. Until 21 February, more cyclones travelled from South Greenland to the Baltic, trailing an inflow of maritime Arctic air into the areas under review. Despite freezing temperatures at night, the daily mean temperatures in the area of Szczecin Lagoon were mostly positive. In the last decade of February, low pressure over Scandinavia led to a mild westerly regime. In Ueckermünde, the monthly mean temperature in February was 4.8 °C. Compared to the long-term mean, February 2002 thus was 5 °C too mild in the area of the boundary waters. The average surface temperature of the inner coastal waters was more than 2 °K too high.

March 2002

The last winter month started relatively cold, with night frosts. Initially, Atlantic troughs still led to an inflow of moderately warm maritime air from the west, but anticyclones over Scandinavia soon brought cold polar air which caused the maximum daily temperatures to drop to 3 - 4 °C on 14 March and between 24 and 26 March. In the nights of 2 and 3 March as well as 26 to 30 March, light air frost was recorded in Ueckermünde. At the end of each of these high-pressure spells, southerly winds caused inflows of very mild air masses from the Mediterranean, with spring-like temperatures ranging from 14 to 18.6 °C (Ueckermünde).

While in the inner coastal waters the surface temperature (3.4 - 6.6 °C) was on average more than 1 °K above normal, the water temperatures in the eastern regions of Mecklenburg-Vorpommern were mostly normal.

Table 8.1. Air temperatures in °C at the station Ueckermünde in the winter of 2001/02

Ueckermünde, Kleines Haff			
	Monthly mean	Normal value (and deviation)	Number of days with frost (and sum of coldness in °C)
November	4.2	4.4 (-0.2)	0 (0)
December	0.1	0.9 (-0.8)	11 (-31.7)
January	2.3	-0.9 (+3.2)	9 (-24.7)
February	4.8	-0.2 (+5.0)	2 (-1.1)
March	4.9	2.8 (+2.1)	0 (0)

Table 8.2. Water temperatures in °C in Koserow (at a depth of 3 m) in the winter of 2001/02
(StAUN MIV, 2002)

Koserow, sea area			
	Monthly mean	Monthly minimum	Monthly maximum
November	7.2	4.8	10.4
December	2.6	-0.3	4.6
January	1.5	-0.1	3.4
February	3.7	2.5	5.2
March	3.8	2.5	4.6

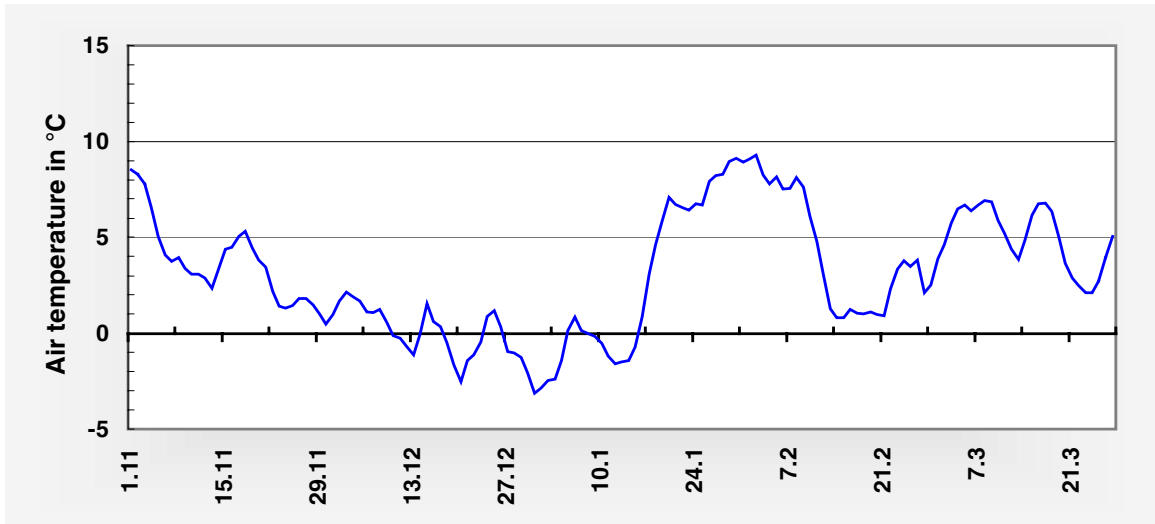


Figure 8.1. Running 5-day means of air temperature in Ueckermünde in the winter of 2001/02



Figure 8.2. Running 5-day means of water temperature (at 3 m depth) in Koserow in the winter of 2001/02

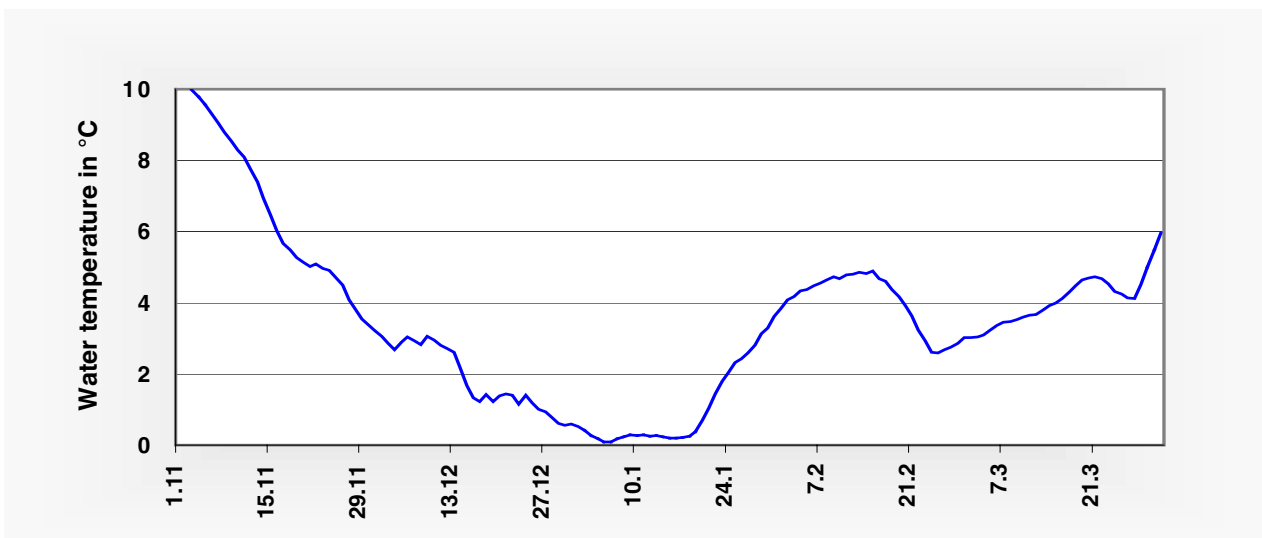


Figure 8.3. Running 5-day means of surface water temperature in Świnoujście in the winter of 2001/02 (measured daily at 6:00 UTC, data from IMGW)

Air temperatures in the area of the boundary waters briefly dropped below 0 °C during the first days of December (Figure 8.1). Until 20 December, the temperatures were mostly just above 0 °C, with the exception of two 2-day periods with light frost. This led to continuous cooling of the water in the inner fairways and Pomeranian Bay (Figures 8.2 and 8.3). On 22/23 December, all monitoring stations at Szczecin Lagoon simultaneously reported the first ice. From 4 to 6 January, water temperatures in the southern part of the Pomeranian Bay also dropped to near zero (Figure 8.3). From 17 January until the end of the winter season, the air temperatures were mostly positive. The sum of coldness (sum of negative daily means of air temperature) at the Ueckermünde station in the winter of 2001/02 was 57.5 °C. This value was mostly reached as early as mid-January (Figure 8.5).

Characteristics of the 2001/02 ice season in the Szczecin Lagoon and Pomeranian Bay

In the Szczecin Lagoon, the 2001/02 ice season began on 22 December and lasted until the third decade of January, without major interruptions (Figure 8.4). In the waters investigated, the long-term mean of first ice formation during mild winters is 23 December (Sztobryn et al, 1999).

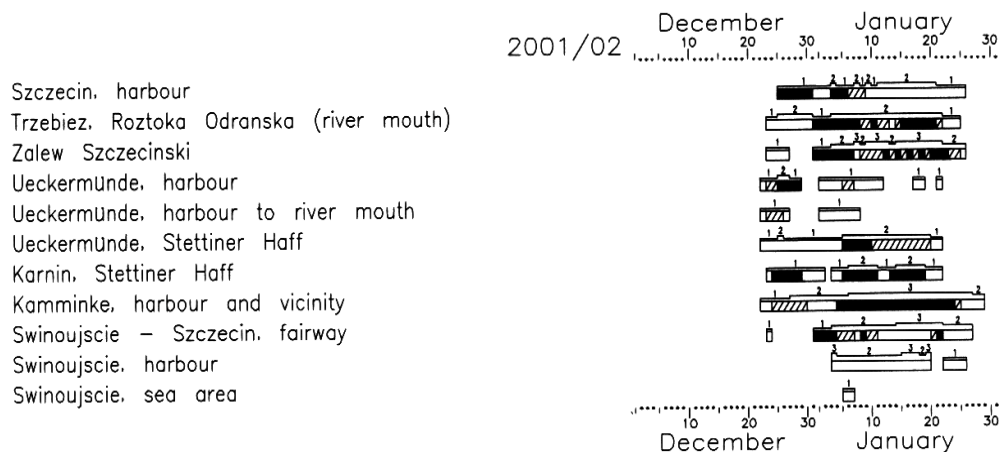
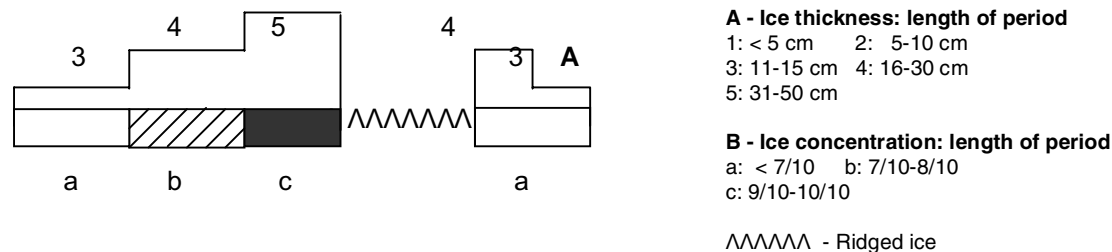


Figure 8.4. Ice concentration and thickness in the Szczecin Lagoon during the winter of 2001/02



In mild winters, the last ice in the Szczecin Lagoon is normally observed on 16 February. In the ice winter of 2001/02, it disappeared 3 weeks earlier. The extreme values for this parameter are between 27 November and 11 March.

The length of the ice season in Szczecin Lagoon and in the harbours in its vicinity varies between 17 and 38 days. In the season under review, 13 days with ice were recorded in the area between Ueckermünde harbour and the mouth of the river Uecker, and 38 days in the harbour of Kamminke. The mean value for mild ice winters in Szczecin Lagoon is 29 days. In the near-shore zone of the Lagoon, ice may be present on maximally 57 days during a mild winter.

A complete ice cover was only observed for a short period in the eastern part of Szczecin Lagoon. In the near-shore region of Kleines Haff, the ice did not form a complete fast-ice cover until early January. Toward the middle of the month, the thickness of level ice reached maximally 7 to 15 cm (Figure 8.5). Rafting of ice occurred temporarily in the fairways to Ueckermünde and Szczecin - Świnoujście. There were several days on which low-powered vessels had difficulties navigating in Szczecin Lagoon: in the near-shore zone of the Lagoon in the period between 4 and 26 January, and in its central part between 9 and 25 January.

Apart from some new ice in its southern part on 5 and 6 January, the Pomeranian Bay remained ice-free. In mild ice winters in the area of the Pomeranian Bay, ice may occur on up to 3 days in the period between 4 and 21 January.

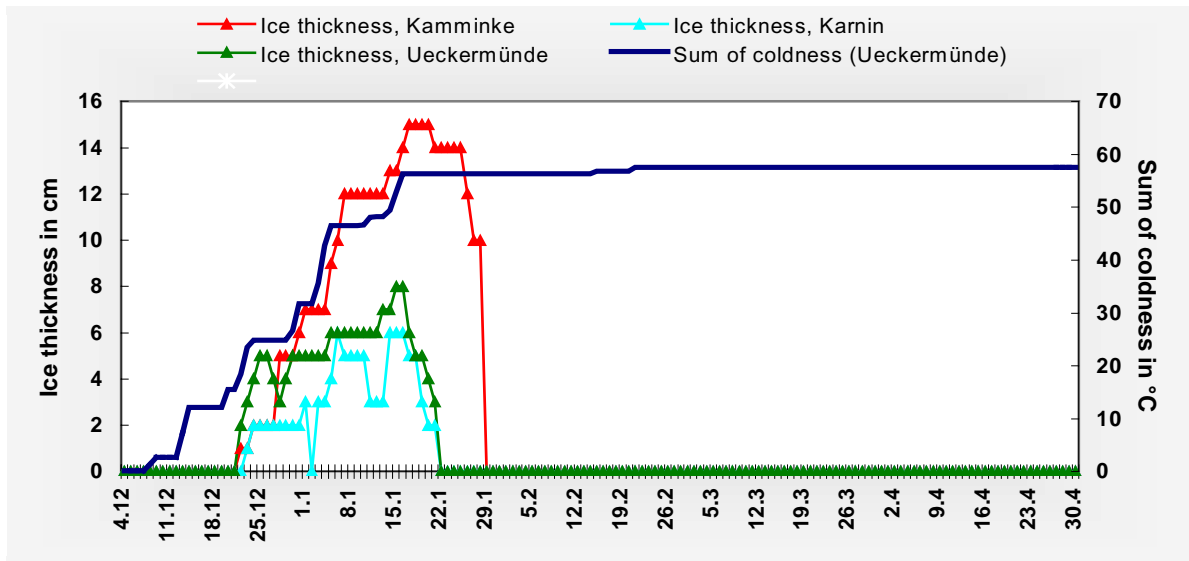


Figure 8.5. Accumulated sum of coldness and measured ice thickness in the Szczecin Lagoon (Kleines Haff) in the winter of 2001/02

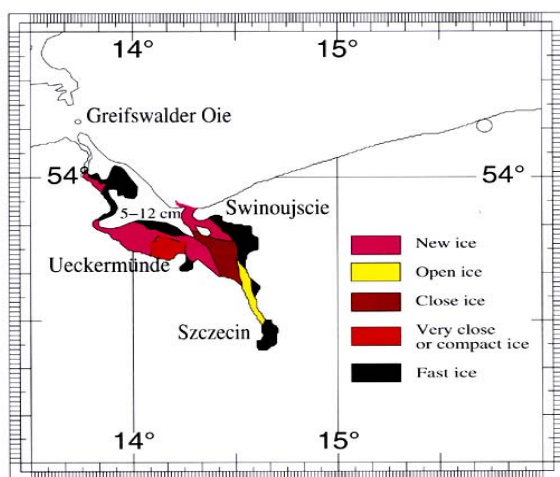


Figure 8.6. Extent of ice cover in Szczecin Lagoon and Pomeranian Bay on 5 January 2002

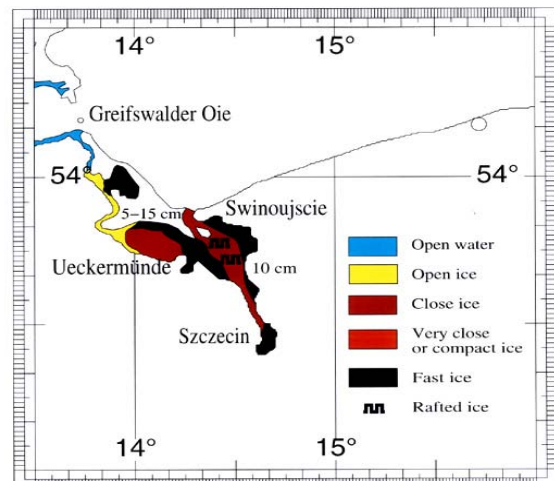


Figure 8.7. Extent of ice cover in Szczecin Lagoon and Pomeranian Bay on 15 January 2002

The coloured ice charts in Figures 8.6 and 8.7 show the ice situation in the German-Polish boundary waters on 5 and 15 January. The charts are based on the reports of ice observers and, additionally, images from the U.S. satellite NOAA-16 on 5 January, 11:35 UTC, and on 15 January, 11:48 UTC. On 5 January, shallow and protected areas in the near-shore region of the Lagoon and the Achterwasser were covered with thin fast ice. In the southern part of Kleines Haff, there was an area covered by very close ice. Thin open and close ice alternated in the Szczecin - Świnoujście fairway. New ice formed in Szczecin Lagoon and in the southernmost part of the Pomeranian Bay. On 15 January, Szczecin Lagoon had an almost complete ice cover, except in its westerly part where only a few thin floes drifted in the water. The close ice which had formed in the central and southern parts of Kleines Haff opened somewhat due to southerly winds. Fast ice in the northern part reached thicknesses of up to 15 cm in some areas. In the Szczecin - Świnoujście fairway, rafting of the 10 cm thick drift ice set in. The Pomeranian Bay was completely ice-free on that day.

9. Ice growth in Szczecin Lagoon

The study „Ice conditions in the Szczecin Lagoon and Pomeranian Bay during the normal period 1961-1990“ (Sztobryn, Stanisławczyk, Schmelzer, 1999) provided an analysis of the ice data of the 30-year observation period from 1961 – 1990. It contains computations of mean and extreme values for various ice parameters and three types of ice winter – mild, normal, and strong to very strong – and presents empirical equations for a theoretical determination of ice thicknesses in Szczecin Lagoon. In the following, some of the mean values and equations derived from the 1961-1990 data will be checked against measurements made in the past 13 years. All three types of ice winter occurred in the past 13 years: mild ice winters in 1991/92, 1992/93, 1994/95, 1997 /98, 1998/99, 1999/2000, 2000/01, 2001/02; normal winters in 1990/91, 1993/94, 1996/97, and 2002/2003; the category of strong to very strong winters was represented by the strong winter of 1995/96.

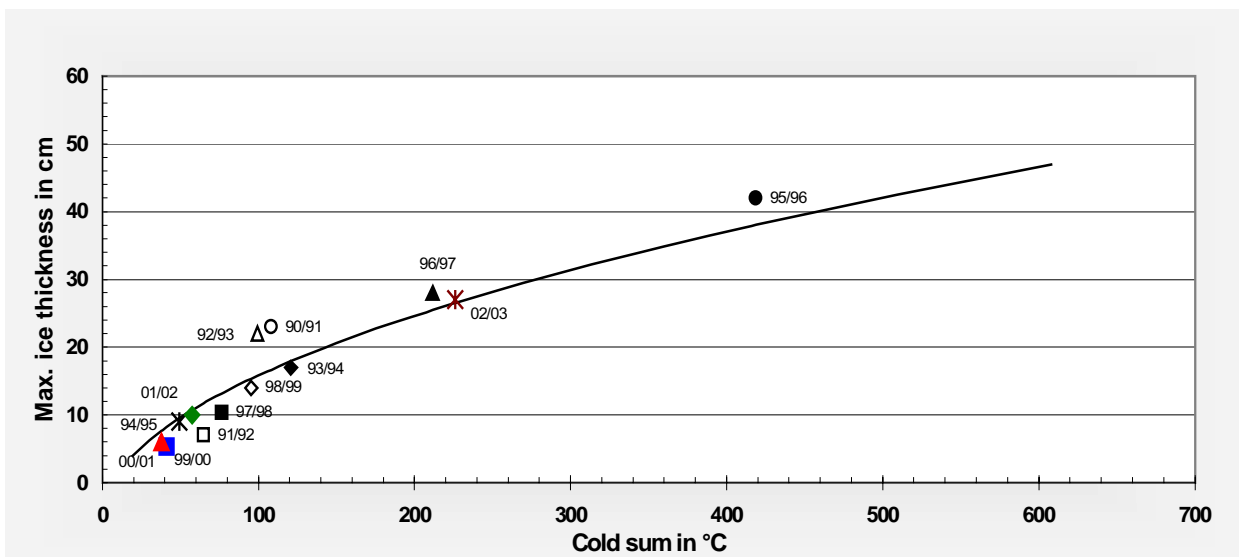


Figure 9.1. Dependence of the mean maximum ice thickness on the cold sum in Szczecin Lagoon $h_{max} = 2.12 \cdot K_s^{1/2} - 5.36$ and measured mean maximum ice thickness in the winters of 1990/91, 1991/92, 1992/93, 1993/94, 1994/95, 1995/96, 1997 /98, 1998/99, 1999/2000, 2000/01, 2001/02, and 2002/2003

Figure 9.1 shows the mean maximum ice thicknesses measured in Ueckermünde, Karnin and Kamminke in the ice winters of 1990/91, 1991/92, 1992/93, 1993/94, 1994/95, 1995/96, 1996/97, 1997/98, 1998/99, 1999/2000, 2000/01, 2001/02, and 2002/2003 plotted against the cold sums in those years (Sztobryn et al., 1999). It can be seen that the empirically found curve represents most maximum ice thickness measurements with adequate precision.

Another fact to be noted is the following: the observed dependence of maximum ice thicknesses on the cold sum is based on data from the 1961-1990 winters. When studying the variability of ice winters in Szczecin Lagoon (in: Ice Conditions in the Szczecin Lagoon and Pomeranian Bay During the Winter of 1999/2000, this issue), a slight downward trend of maximum ice thicknesses at the peak of ice development was observed. However, this observation is attributable rather to an increase in winters with weak ice development during the past 30 years. The maximum ice thicknesses measured in moderate or strong to very strong ice winters reach the same values today as 50 years ago. This is confirmed in Figure 1: the correlation between the theoretical values computed by means of the equation $h_{max} = 2.12 \cdot K_s^{1/2} - 5.36$ and the maximum ice thicknesses measured in the past 13 winter seasons is 0.96.

Figure 9.2 shows the dependence of thermally developed ice thicknesses on the cold sums in mild ice winters. There is no major difference in the trend of the „old“ and „new“ empirical equations. However, the ice thicknesses measured at all three stations in the winters of 1999/00 and 2000/01 are clearly below the theoretically computed values. In the short periods with negative air temperatures in

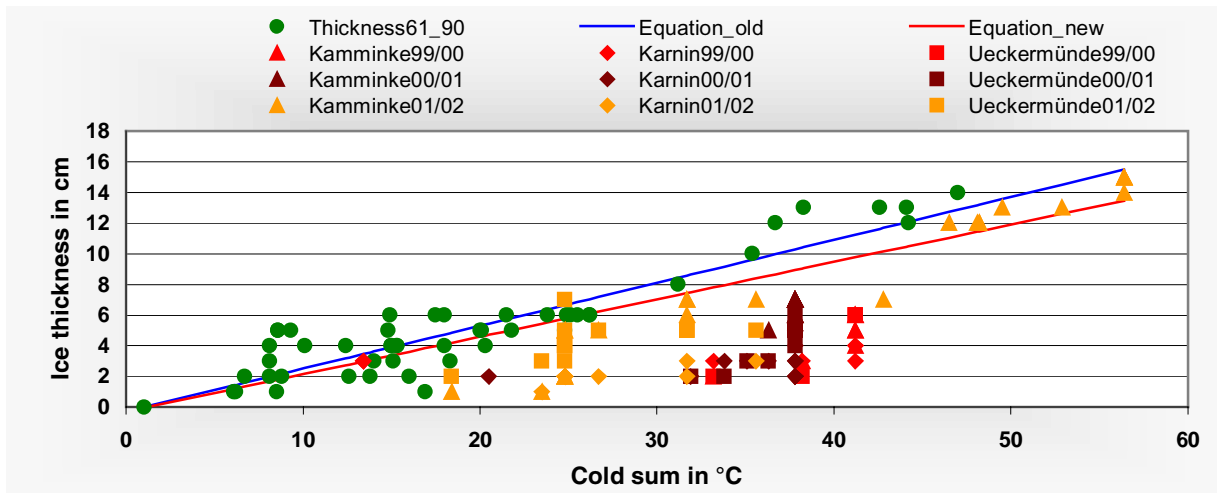


Figure 9.2. Dependence of ice thickness in Szczecin Lagoon on the cold sum in mild ice winters and measured ice thickness in the winters of 1990/2000, 2000/01, and 2001/02;
 $h = 0.28 * K_s - 0.29$ (Sztobryn et al., 1999) – old equation for mild winters
 $h = 0.24 * K_s - 0.29$ new equation for mild winters

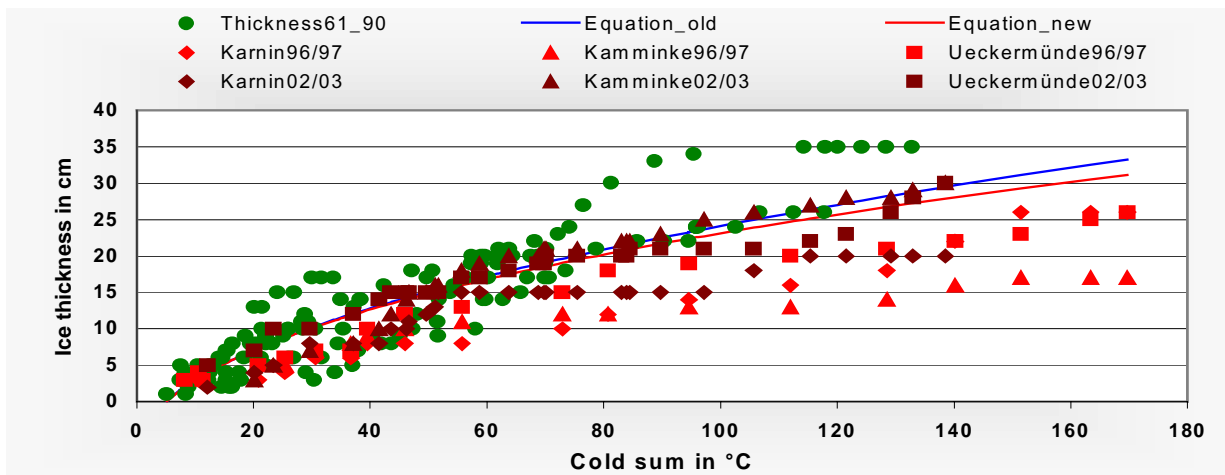


Figure 9.3. Dependence of ice thickness in Szczecin Lagoon on the cold sum in moderate ice winters and measured ice thickness in the winters of 1996/97 and 2002/03;
 $h = 0.0006 * K_s + 3.17 K_s^{1/2} - 6.99$ (Sztobryn et al., 1999) – old equation for moderate winters
 $h = 0.0320 * K_s + 3.37 K_s^{1/2} - 7.38$ new equation for moderate winters

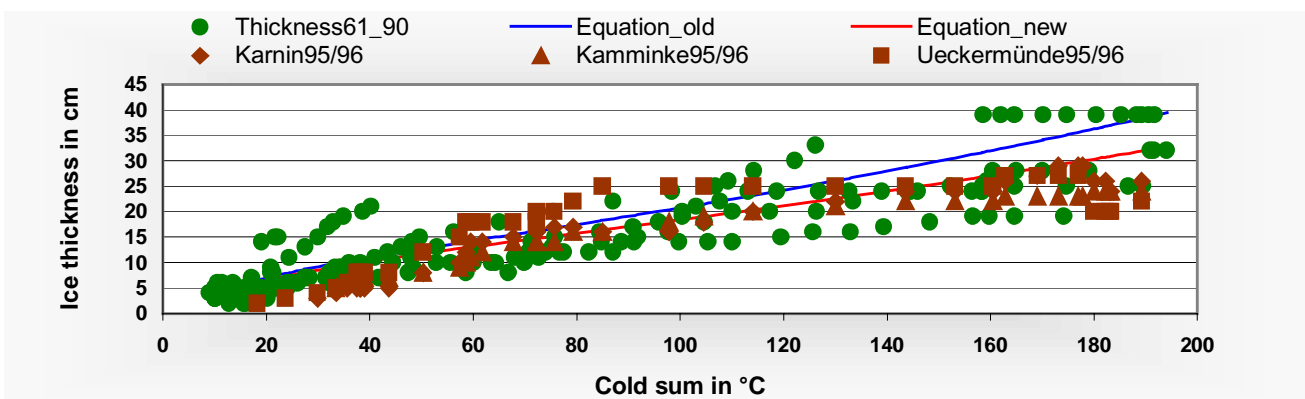


Figure 9.4. Dependence of ice thickness in Szczecin Lagoon on the cold sum in strong ice winters and measured ice thickness in the winter of 1995/96;
 $h = 0.02 * K_s^{3/2} - 0.33 * K_s + 3.97 * K_s^{1/2} - 5.96$ (Sztobryn et al., 1999) – old equation for strong winters
 $h = 0.015 * K_s^{3/2} - 0.27 * K_s + 3.59 * K_s^{1/2} - 5.59$ new equation for strong winters

November and December of the above winter seasons, which were separated by longer spells with positive air temperatures, the Szczecin Lagoon water did not cool down enough for ice formation to

occur. Therefore, first ice in this area formed as late as the second half of January. To compute the cold sum, however, the negative daily means of air temperatures are used beginning as early as December. By contrast, the ice thicknesses measured in the winter of 2001/02 show the typical growth pattern of a mild ice winter.

The newly developed equations for the computation of ice thicknesses in normal and strong ice winters also differ only negligibly from the base equations, see Figures 9.3 and 9.4. As a thin ice layer is to be described, measured ice thicknesses can be determined very well using Stefan's equation (ice thickness is proportional the square root of the cold sum). In normal winters, the theoretical equation covers ice growth up to the maximum values reached in a winter. In strong ice winters, the square-root law is only valid for the description of ice thickness values that have been reached by the beginning of the first longer thawing period. Thawing periods, which are typical of winters in our latitudes and may last from a few days to several weeks, cause a stagnation in the ice growth or even a decrease in ice thickness. Ice development continues when the next freezing period sets in, but the increase in ice thickness can no longer be described by the base equation.

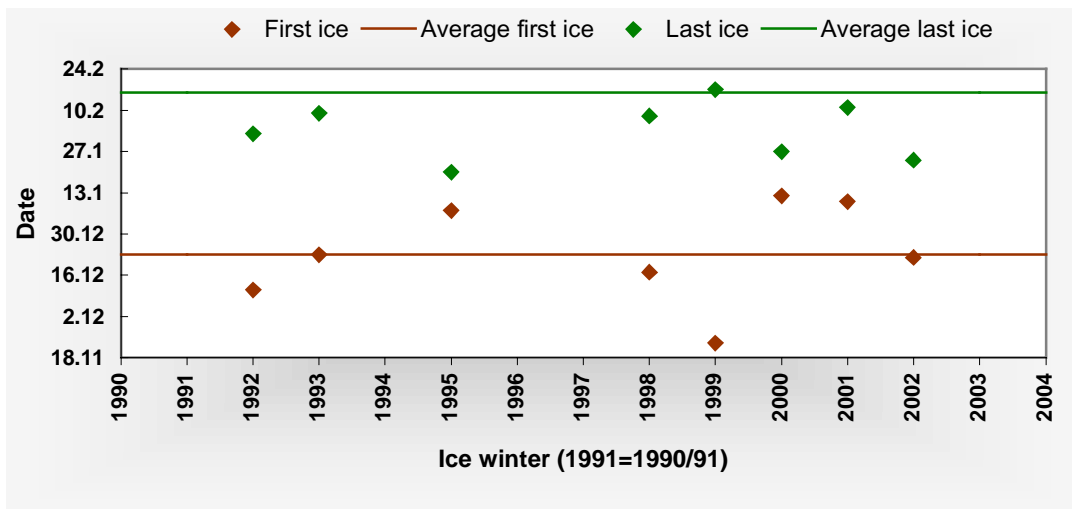


Figure 9.5. Beginning of freezing and end of ice season in Szczecin Lagoon in mild ice winters

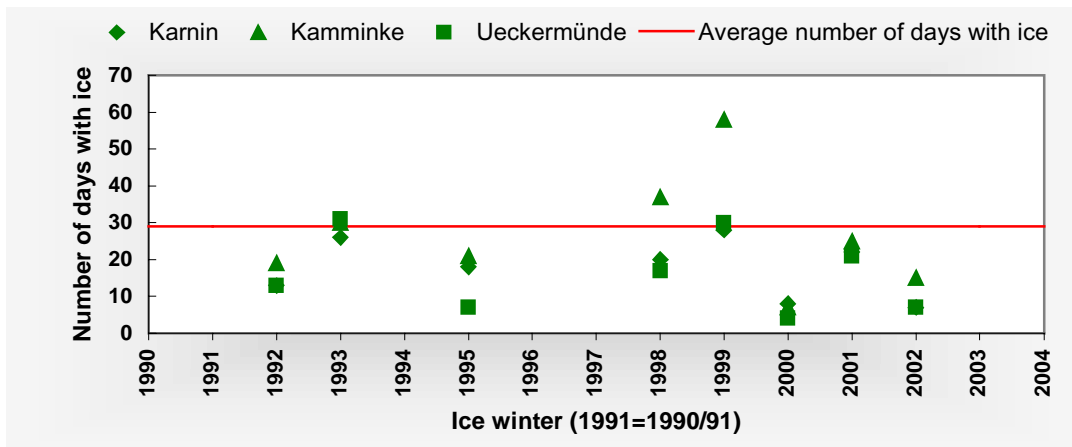


Figure 9.6. Number of days with ice in Szczecin Lagoon in mild ice winters

In Figures 9.5 to 9.10, the beginning and end of the ice season as well as the number of days with ice in the past 13 winter seasons are compared with the mean values of three ice winter types. The mean values refer to the normal period 1960/61 – 1989/1990 and have been taken from the study „Ice conditions in the Szczecin Lagoon and Pomeranian Bay during the normal period 1961-1990“ (Sztobryn, Stanisławczyk, Schmelzer, 1999).

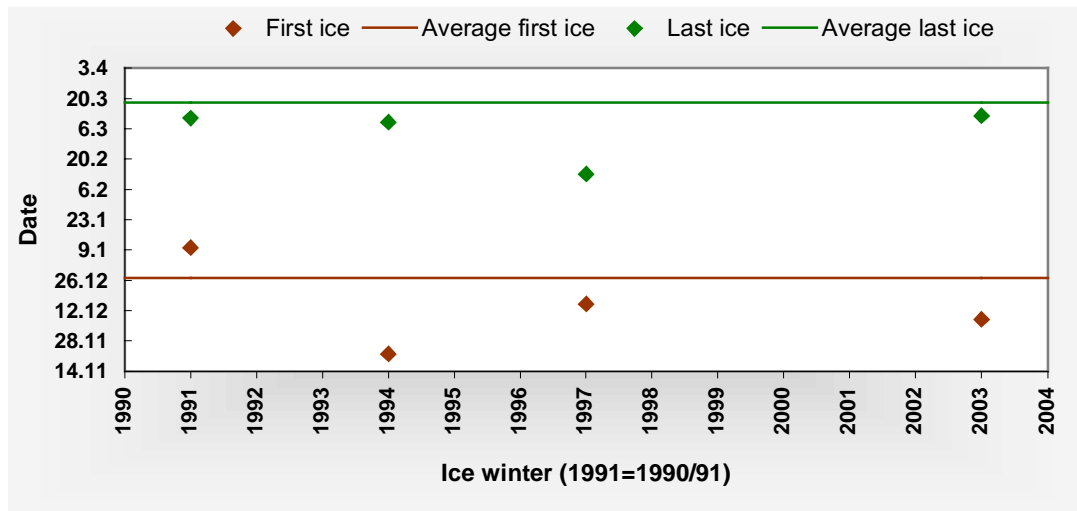


Figure 9.7. Beginning of freezing and end of ice season in Szczecin Lagoon in moderate ice winters

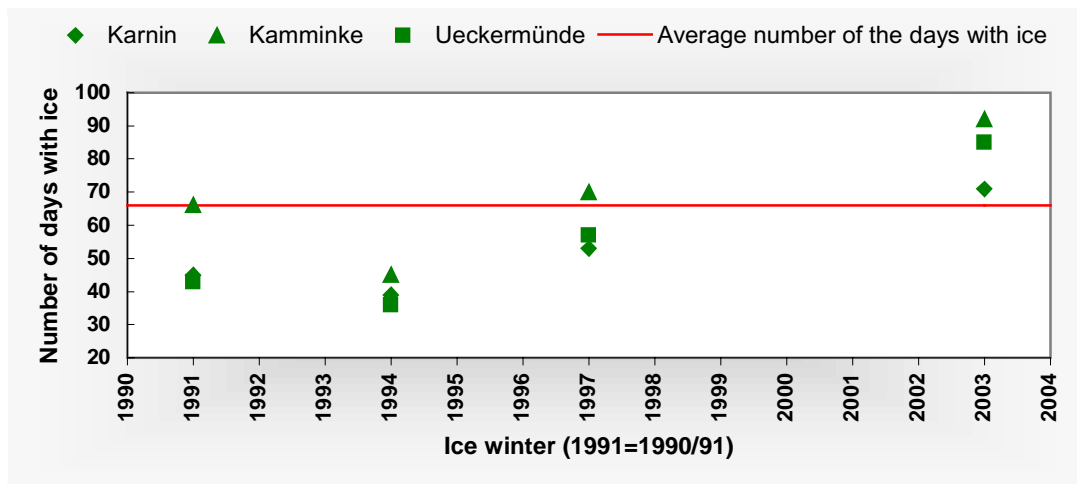


Figure 9.8. Number of days with ice in Szczecin Lagoon in moderate ice winters

Eight mild ice winters occurred in the 13-year period studied. In the area of Szczecin Lagoon, they began mostly between late November and early January, but the last ice in almost all of the winters disappeared about two weeks earlier than is usually the case in mild winters. Accordingly, there were mostly fewer days with ice than usual. Only in two winters (1992/93 and 1997/98) was the normal value reached, and in the winter of 1998/99 it was exceeded by 10 days.

In 4 normal ice winters, the ice lasted on average one week less than in normal ice winters in the 1961-1990 period. Ice formation began about two weeks earlier than usual, and the last ice disappeared two weeks before the normal date.

The winter of 1995/96 was the only strong ice winter in the period under review. It began two weeks earlier and ended two weeks later than an ice winter of average severity. The winter of 1995/96 was exceptionally long. On average 132 days with ice were recorded in Szczecin Lagoon. This value exceeds the normal value by 34 days and is close to the maximum value for this ice parameter. The ice winter of 1995/96 thus was one of the longest ones in the period from 1960 (see Figures 9.9 and 9.10).

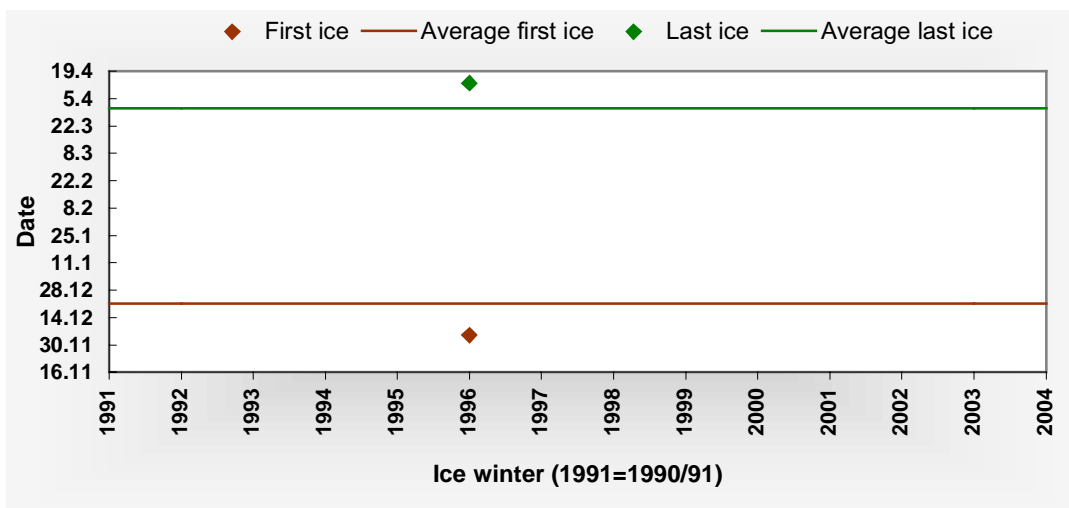


Figure 9.9. Beginning of freezing and end of ice season in strong ice winters in Szczecin Lagoon

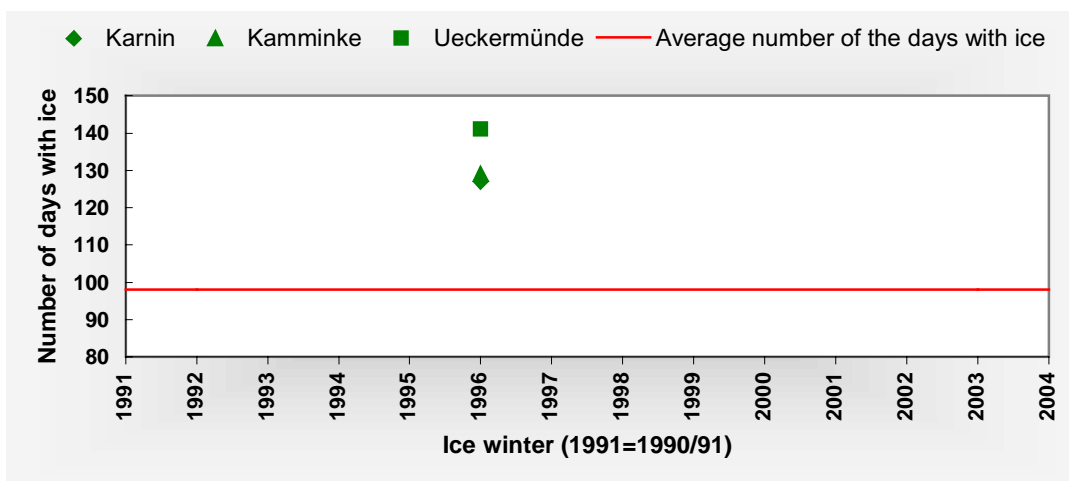


Figure 9.10. Number of days with ice in strong ice winters in Szczecin Lagoon

Figure 9.11 shows the monthly deviations of the ice parameter „number of days with ice“ from the mean value of the 1961-1990 period at the Ueckermünde station. In November, ice formation is rare in Szczecin Lagoon, but there has been a slight upward trend in the past 20 years. In December, the same number of days with ice is counted on average as in the 1961-1990 period. In the winter months of January and February to mid-March, there is a very high probability of ice occurrence in Szczecin Lagoon but, in comparison with the reference period, a clearly negative trend has been observed for the past 20 years. It is only in strong or very strong ice winters that the last ice in Szczecin Lagoon melts as late as April. An analysis of the deviations of days with ice from the normal value does not show any development trend for April.

Analogous to the parameters described above, the monthly deviations of air temperatures from their 1961-1990 mean value were determined for the Ueckermünde station, see Figure 9.12. November temperatures in the past 20 years have decreased slightly, which explains the small increase in the number of days with ice in that month. In December, the air temperature hardly deviated from the mean value. A clearly positive trend is observed for January and particularly February. Also the mean temperatures in March and April have risen slightly in the past few years.

The parallels in the trends of air temperatures and numbers of days with ice again show clearly that ice formation and ice development in calm and smaller waters depend primarily on the air temperature. Other factors are of secondary importance. But despite the upward trend in air temperatures there has not been a single winter in the past twenty years in which Szczecin Lagoon was completely free of ice.

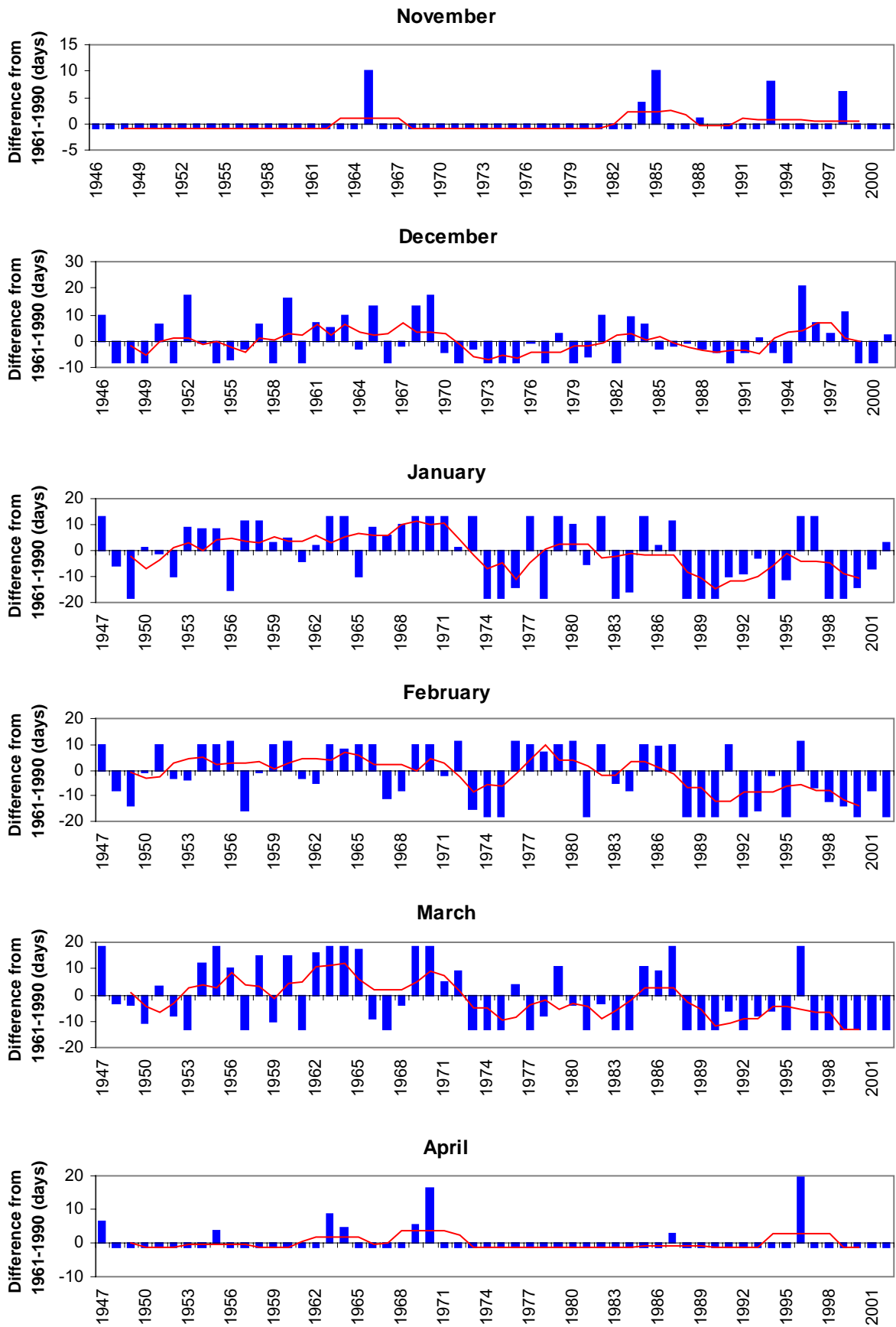


Figure 9.11. Number of days with ice for the period 1947-2002 relative to 1961-1990 for the Uecker-münde station; the solid curve shows 5-year variations smoothed with a running mean.

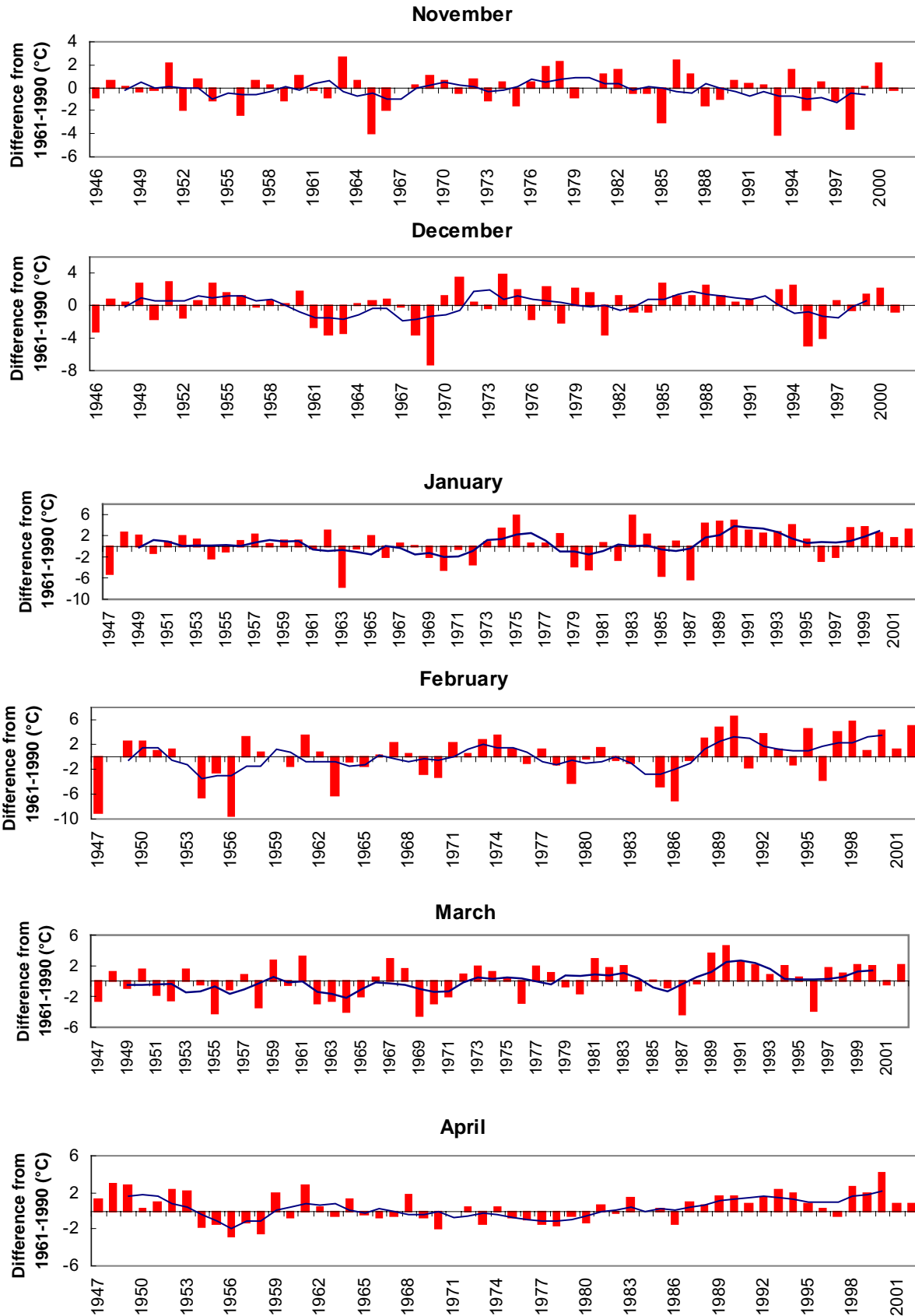


Figure 9.12. Monthly mean of air temperatures from 1947-2002 relative to 1961-1990 for the Ueckermünde station (data from German Weather Service); the solid curve shows 5-year variations smoothed with a running mean.

10. Literatur / References

Beiträge des Instituts für Meteorologie der Freien Universität Berlin zur Berliner Wetterkarte: Klimatologische Übersicht November 2000, Dezember 2000, Januar 2001, Februar 2001 und März 2001

Beiträge des Instituts für Meteorologie der Freien Universität Berlin zur Berliner Wetterkarte: Klimatologische Übersicht November 2001, Dezember 2001, Januar 2002, Februar 2002 und März 2002.

Blüthgen, J., Die Eisverhältnisse der Küstengewässer von Mecklenburg-Vorpommern;
In: Forschungen zur Deutschen Landeskunde, Band 85, 1954

Deutscher Wetterdienst, www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/daten/online/nat/index.htm

Finnischer Eisdienst, Ice Winter 1999 - 2000, www.fimr.fi/en/palvelut/jaapalvelu.html

Finnischer Eisdienst, Ice Winter 2000 - 2001, www.fimr.fi/en/palvelut/jaapalvelu.html

Finnischer Eisdienst, Ice Winter 2001 - 2002, www.fimr.fi/en/palvelut/jaapalvelu.html

Finnischer Eisdienst, Ice Winter 2002 - 2003, www.fimr.fi/en/palvelut/jaapalvelu.html

Heinemann, H.-J., *Der Wetterlotse*, Jg. **52** Nr. 639/640, Hamburg, März/April, 2000

Heinemann, H.-J., *Der Wetterlotse*, Jg. **53** Nr. 651/652, Hamburg, März/April, 2001

Heinemann, H.-J., *Der Wetterlotse*, Jg. **54** Nr. 663/664, Hamburg, März/April, 2002

Heinemann, H.-J., *Der Wetterlotse*, Jg. **55** Nr. 675/676, Hamburg, März/April, 2003

Heinemann, H.-J., *Der Wetterlotse*, Jg. **56** Nr. 687/688, Hamburg, März/April, 2004

Koslowski, G., Die flächenbezogene Eisvolumensumme, eine neue Maßzahl für die Bewertung des Eiswinters an der Ostseeküste Schleswig-Holsteins und ihr Zusammenhang mit dem Charakter des meteorologischen Winters, *Dt. Hydrogr. Z.* **42**, 61-80, 1989

Koslowski, G. and R. Glaser, Reconstruction of the Ice Winter Severity since 1701 in the Western Baltic, *Clim. Change* **31**, 79-98, 1995

Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie, Mecklenburg-Vorpommern, Küstengewässer - Monitoring Mecklenburg-Vorpommern; *Küstengewässerbericht 2/2001 März*

Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie, Mecklenburg-Vorpommern, Küstengewässer - Monitoring Mecklenburg-Vorpommern; *Küstengewässerbericht 1/ 2002 Januar/Februar und 2/2002 März*

Lefebvre, Ch., *Der Wetterlotse* Jg. **54** Nr. 661/662, Hamburg Januar/Februar, 2002

Lefebvre, Ch., *Der Wetterlotse* Jg. **55** Nr. 683/684,, Hamburg November/Dezember, 2003

Lundqvist, J.-E. and I. Bergquist, A summary of the ice season and icebreaking activities 1999/2000, SMHI, 2000

Lundqvist, J.-E. and U. Gullne, A summary of the ice season and icebreaking activities 2000/2001, SMHI, 2001

Lundqvist, J.-E. and U. Gullne, A summary of the ice season and icebreaking activities 2001/2002, SMHI, 2002

Lundqvist, J.-E. and U. Gullne, A summary of the ice season and icebreaking activities 2002/2003, SMHI, 2003

Müller-Annen, H., Die Kälte des Winter im norddeutschen Raum. Teil 1: Herstellung homogener Reihen der Kältesummen. *Dt. Wetterdienst, Seewetteramt, Einzelveröffentlichungen Nr. 44, 57, 1964*

Müller-Annen, H., Die Kälte des Winter im norddeutschen Raum. Teil 2: Herstellung langjähriger Reihen der Zahl der Wintertage. Ableitung einer Winter- und Kältezah. *Dt. Wetterdienst, Seewetteramt, Einzelveröffentlichungen Nr. 48, 74, 1965*

MURSYS, Meeresphysikalische Verhältnisse und hydrologische Randbedingungen 2001
www.bsh.de/de/Meeresdaten/Beobachtungen/MURSYS-Umweltreportsystem/index.jsp

MURSYS, Meeresphysikalische Verhältnisse und hydrologische Randbedingungen 2002
www.bsh.de/de/Meeresdaten/Beobachtungen/MURSYS-Umweltreportsystem/index.jsp

Nusser, F., Die Eisverhältnisse des Winters 1947/48 an den deutschen Küsten. *Dt. hydrogr. Z. 1, 149-156, 1948*

Schepanski, K./Ch. Lefebvre, *Der Wetterlotse Jg. 56 Nr. 685/686, Hamburg, Januar/Februar, 2004*

Strübing, K., The Ice Winter of 1998/99 on the German Coasts between Ems and Oder, with a Survey of the Entire Baltic area, *Dt. Hydrogr. Z. 51, 85-95, 1999*

Sztobryn, Stanisławczyk, Schmelzer, Ice Conditions in the Szczecin Lagoon and Pomeranian Bay During the Normal Period from 1961–1990, in: *Berichte des BSH, Nr. 20, Hamburg und Rostock 1999*

11. Abbildungsverzeichnis / Figure Index

Abbildung 1.1.	Übergreifende 5-Tagemittel der Lufttemperatur im Winter 1999/2000 (nach Daten vom Deutschen Wetterdienst)	
Figure 1.1.	Running 5-day means of air temperatures in the winter of 1999/2000 (data from German Weather Service).....	10
Abbildung 1.2.	Tagesmittel der Wassertemperatur in der Kieler Bucht (Station Kiel-Leuchtturm, Oberfläche) und in der Pommerschen Bucht (Station Oderbank, 3 m Tiefe) im Winter 1999/2000 (Angaben des BSH)	
Figure 1.2.	Daily means of water temperature at Kiel lighthouse and at the Oderbank in winter of 1999/2000.....	10
Abbildung 1.3.	Bedeckungsgrad und Dicke des Eises in den Fahrwasserabschnitten und Häfen an der deutschen Ostseeküste im Winter 1999/2000	
Figure 1.3.	Ice concentration and thickness in the fairways and harbours of the German Baltic coast in the winter of 1999/2000.....	11
Abbildung 1.4.	Eisübersichtskarte vom 24. Februar 2000 mit der maximalen Eisausdehnung im Winter 1999/2000	
Figure 1.4.	Ice map of 24 February showing the maximum ice extent in the winter of 1999/2000.....	13
Abbildung 1.5.	Eisübersichtskarte vom 13. März 2000 mit dem Höchststand der Eisentwicklung im Winter 1999/2000	
Figure 1.5.	Ice map of 13 March showing the maximum ice development in the winter of 1999/2000.....	14
Abbildung 2.1.	Übergreifende 5-Tagemittel der Lufttemperatur im Winter 2000/01 (nach Daten vom Deutschen Wetterdienst)	
Figure 2.1.	Running 5-day means of air temperatures in the winter of 2000/01 (data from the German Weather Service).....	15
Abbildung 2.2.	Tagesmittel der Wassertemperatur in der Kieler Bucht (Station Kiel-Leuchtturm, Oberfläche) und in der Pommerschen Bucht (Station Oderbank, 3 m Tiefe) im Winter 2000/01 (Angaben des BSH)	
Figure 2.2.	Daily means of water temperatures at Kiel lighthouse and in the Pomeranian Bight in the winter of 2000/01.....	16
Abbildung 2.3.	Bedeckungsgrad und Dicke des Eises in den Fahrwasserabschnitten und Häfen an der deutschen Nordseeküste im Winter 2000/01	
Figure 2.3.	Ice concentration and thickness of ice in the fairways and harbours of the German North Sea coast in the winter of 2000/01.....	17
Abbildung 2.4.	Bedeckungsgrad und Dicke des Eises in den Fahrwasserabschnitten und Häfen an der deutschen Ostseeküste im Winter 2000/01	
Figure 2.4.	Ice concentration and thickness of ice in the fairways and harbours of the German Baltic Sea coast in the winter of 2000/01.....	17
Abbildung 2.5.	Radar-Satellitenaufnahme (ERS-2) vom 8. Februar 2001 mit Sicht auf den Südteil des Greifswalder Boddens, auf den Westteil des Kleinen Haffs und den Nordwestteil der Pommerschen Bucht	
Figure 2.5.	Radar Satellite image (ERS-2) of 8 February 2001 showing the southern part of Greifswalder Bodden, the western part of Kleines Haff, and the northwestern part of the Pomeranian Bight.....	18
Abbildung 2.6.	Eisübersichtskarte vom 26. März 2001 mit der maximalen Eisausdehnung für den Eiswinter 2000/01	
Figure 2.6.	Ice map of 26 March showing the maximum ice extent in the ice winter of 2000/01.....	21

Abbildung 3.1.	Akkumuliertes flächenbezogenes Eisvolumen an der Nord- und Ostseeküste im Winter 2001/02	
Figure 3.1.	Accumulated areal ice volume on the North and Baltic Sea coasts in the winter of 2001/02.....	23
Abbildung 3.2.	Übergreifende 5-Tagemittel der Lufttemperatur im Winter 2001/02 (nach Daten vom Deutschen Wetterdienst)	
Figure 3.2.	Running 5-day means of air temperatures in the winter of 2001/02 (data from German Weather Service).....	24
Abbildung 3.3.	Tagesmittel der Wassertemperatur in der Kieler Bucht (Station Kiel-Leuchtturm, Oberfläche) und in der Pommerschen Bucht (Station Oderbank, 3 m Tiefe, keine Messungen ab 09.01.2002) im Winter 2001/02 (Angaben des BSH)	
Figure 3.3.	Daily means of water temperatures at Kiel lighthouse and Oderbank (no data from 9 January) in the winter of 2001/02 (data from the Federal Maritime and Hydrographic Agency of Germany).....	25
Abbildung 3.4.	Bedeckungsgrad und Dicke des Eises in den Fahrwasserabschnitten und Häfen an der deutschen Nordseeküste im Winter 2001/02	
Figure 3.4.	Ice concentration and thickness in the fairways and harbours of the German North Sea coast in the winter of 2001/02.....	26
Abbildung 3.5.	Bedeckungsgrad und Dicke des Eises in den Fahrwasserabschnitten und Häfen an der deutschen Ostseeküste im Winter 2001/02	
Figure 3.5.	Ice concentration and thickness in the fairways and harbours of the German Baltic Sea coast in the winter of 2001/02.....	27
Abbildung 3.6.	Eisübersichtskarte vom 31. Januar/1. Februar mit der maximalen Eisausdehnung im Winter 2001/02 (102,000 km ² ; Finnischer Eisdienst, 2002)	
Figure 3.6.	Ice map from 31 st January/1 st February with the maximum ice extent in the winter of 2001/02 (102,000 km ² ; Finish Ice Service, 2002).....	30
Abbildung 3.7.	Eisübersichtskarte vom 14. März mit dem Höchststand der Eisentwicklung im Winter 2001/02	
Figure 3.7.	Ice map from 14 th March with the maximum ice development in the winter of 2001/02.....	31
Abbildung 4.1.	Akkumuliertes flächenbezogenes Eisvolumen an der Nord- und Ostseeküste im Winter 2002/03	
Figure 4.1.	Accumulated areal ice volume in the coastal areas of the North and Baltic Seas in the winter of 2002/03.....	38
Abbildung 4.2.	Übergreifende 5-Tagemittel der Lufttemperatur im Winter 2002/03 (nach Daten vom Deutschen Wetterdienst)	
Figure 4.2.	Running 5-day means of air temperatures in the winter of 2002/03 (data from German Weather Service).....	38
Abbildung 4.3.	Tagesmittel der Wassertemperatur in der Kieler Bucht (Station Kiel-Leuchtturm, Oberfläche), in der Pommerschen Bucht (Station Oderbank, 3 m Tiefe, keine Messungen ab 20.12.2002) und in der Deutschen Bucht im Winter 2002/03 (Angaben des BSH)	
Figure 4.3.	Daily means of water temperatures at Kiel lighthouse, Oderbank (no data from 20.12.2002), and in the German Bight in the winter of 2002/03 (data from the Federal Maritime and Hydrographic Agency of Germany).....	38
Abbildung 4.4.	Bedeckungsgrad und Dicke des Eises in den Fahrwasserabschnitten und Häfen an der deutschen Nordseeküste im Winter 2002/03	
Figure 4.4.	Ice concentration and thickness in the fairways and harbours of the German North Sea coast in the winter of 2002/03.....	39

Abbildung 4.5.	Bedeckungsgrad und Dicke des Eises in den Fahrwasserabschnitten und Häfen an der deutschen Ostseeküste im Winter 2002/03	
Figure 4.5.	Ice concentration and thickness in the fairways and harbours of the German Baltic Sea coast in the winter of 2002/03.....	43
Abbildung 4.6.	Eisverhältnisse in der südlichen und westlichen Ostsee, im Kattegat und Skagerrak am 26. Februar 2003	
Figure 4.6.	Ice conditions in the southern and western Baltic Sea, in Kattegat and Skagerrak on 26 th February 2003.....	47
Abbildung 4.7.	Eisbedeckte Fläche für die ganze Ostsee im Verlauf des Eiswinters 2002/03	
Figure 4.7.	Extent of ice cover in the entire Baltic Sea during the ice winter of 2002/03.....	48
Abbildung 4.8.	Eisübersichtskarte vom 6. März mit der maximalen Eisausdehnung im Winter 2002/03 (232,000 km ² ; Finnischer Eisdienst, 2003)	
Figure 4.8.	Ice map of 5 March showing the maximum ice extent in the winter of 2002/03 (232,000 km ² , Finnish Ice Service, 2003).....	49
Abbildung 5.1.	Reduzierte Eissumme für die deutsche Nordseeküste im Zeitraum 1897-2004	
Figure 5.1.	Reduced sum of ice for the German North Sea coast in the period 1897-2004.....	52
Abbildung 5.2.	Flächenbezogene Eisvolumensumme (V_{AZ}) für die deutsche Nordseeküste im Zeitraum 1897-2004	
Figure 5.2.	Accumulated areal ice volume (V_{AZ}) for the German North Sea coast in the period 1897-2004.....	52
Abbildung 5.3.	Reduzierte Eissumme für die deutsche Ostseeküste im Zeitraum 1897-2004	
Figure 5.3.	Reduced sum of ice for the German Baltic Sea coast in the period 1897-2004.....	53
Abbildung 5.4.	Flächenbezogene Eisvolumensumme (V_{AZ}) für die deutsche Ostseeküste im Zeitraum 1897-2004	
Figure 5.4.	Accumulated areal ice volume (V_{AZ}) for the German Baltic Sea coast in the period 1897-2004	53
Abbildung 5.5.	Übergreifende 5-Tagemittel der Lufttemperatur im Winter 2003/04 (nach Daten vom Deutschen Wetterdienst)	
Figure 5.5.	Running 5-day means of air temperature in winter of 2003/04 (data from German Weather Service).....	54
Abbildung 5.6.	Tagesmittel der Wassertemperatur in der Kieler Bucht (Station Kiel-Leuchtturm, Oberfläche) und in der Pommerschen Bucht (Station Oderbank, 3 m Tiefe, keine Messungen ab 30.01.2004) im Winter 2003/04 (Angaben des BSH)	
Figure 5.6.	Daily means of water temperature at Kiel lighthouse and at the Oderbank (no data from 30.01.2004) in winter of 2003/04 (data from Federal Maritime and Hydrographic Agency of Germany).....	54
Abbildung 5.7.	Akkumuliertes flächenbezogenes Eisvolumen an der Ostseeküste im Winter 2003/04	
Figure 5.7.	Accumulated areal ice volume in the coastal areas of the Baltic Sea in the winter of 2003/04.....	54
Abbildung 5.8.	Bedeckungsgrad und Dicke des Eises in den Fahrwasserabschnitten und Häfen an der deutschen Nordseeküste im Winter 2003/04	
Figure 5.8.	Ice concentration and thickness in the fairways and harbours of the German North Sea coast in the winter of 2003/04.....	56
Abbildung 5.9.	Bedeckungsgrad und Dicke des Eises in den Fahrwasserabschnitten und Häfen an der deutschen Ostseeküste im Winter 2003/04	
Figure 5.9.	Ice concentration and thickness in the fairways and harbours of the German Baltic Sea coast in the winter of 2003/04.....	57

Abbildung 5.10.	Der frische Westwind und die einsetzende Meeresströmung haben die 10-15 cm starken Eismassen des Greifswalder Boddens in Bewegung gebracht. Innerhalb von wenigen Stunden türmte sich das Eis am Endhaken in Thiessow zu etwa 2 Meter hohen Eisbergen auf. Am Steilufer von Klein Zicker erreichten die Eisberge sogar über 3 Meter Höhe. (Fotos von Frank Sakuth vom 30.01.04)	
Figure 5.10.	Fresh westerly winds and marine currents have set the 10-15 cm thick ice masses of Greifswalder Bodden in motion. Within a few hours, ice growlers pile up at the spit of Thiessow, reaching heights of up to 2 metres. At the bluff of Klein Zicker, the accumulations of ice reached heights of over 3 metres (photos of 30 January 2004 courtesy of Frank Sakuth).....	58
Abbildung 5.11.	Regressionskurven für die flächenbezogene Eisvolumensumme und die Winterzahl W_z^* ($T_m < -2,0$ °C) von Schleswig	
Figure 5.11.	Regression lines for the accumulated areal ice volume and the Winterzahl W_z^* ($T_m < -2,0$ °C) at Schleswig.....	60
Abbildung 5.12.	Regressionskurve für die flächenbezogene Eisvolumensumme der Küste Mecklenburg-Vorpommerns und die Winterzahl W_z^* ($T_m < -2,0$ °C) von Putbus (Greifswald)	
Figure 5.12.	Regression line for the accumulated areal ice volume of the coast of Mecklenburg-Vorpommern and the Winterzahl W_z^* ($T_m < -2,0$ °C) at Putbus (Greifswald).....	60
Abbildung 5.13.	Eisübersichtskarte vom 11. März mit maximaler Eisausdehnung im Winter 2003/04	
Figure 5.13.	Ice map from 11 th March with the maximum ice extent in the winter of 2003/04.....	63
Figure 6.1.	Running 5-day means of air temperature in Ueckermünde in the winter of 1999/00...	66
Figure 6.2.	Accumulated sum of coldness and measured ice thickness in the Szczecin Lagoon in the winter of 1999/2000.....	67
Figure 6.3.	Ice concentration and thickness in the Szczecin Lagoon in the winter of 1999/00.....	67
Figure 6.4.	Beginning of freezing and end of ice season at the Ueckermünde station (Szczecin Lagoon) in the period 1929-2000.....	69
Figure 6.5.	Variation of the 10-year mean values of first and last ice at the Ueckermünde station in the period 1929-2000.....	69
Figure 6.6.	Variation of the number of days with ice at the Ueckermünde station (Szczecin Lagoon) in the period 1929-2000.....	70
Figure 6.7.	Variation of 10-year mean values of the number of days with ice at the Ueckermünde station (Szczecin Lagoon) in the period 1929-2000.....	70
Figure 6.8.	Variation of maximum ice thickness at the Ueckermünde station (Szczecin Lagoon) in the period 1947-2000.....	70
Figure 7.1.	Running 5-day means of air temperature in Ueckermünde in the winter of 2000/01 (data from German Weather Service).....	72
Figure 7.2.	Running 5-day means of surface water temperature in Świnoujście in the winter of 2000/01 (measured daily at 6:00 UTC, data from IMGW).....	73
Figure 7.3.	Ice concentration and thickness in the Szczecin Lagoon during the winter of 2000/01.....	73
Figure 7.4.	Accumulated sum of coldness and measured ice thickness in the Szczecin Lagoon in the winter of 2000/01.....	74
Figure 7.5.	Ice situation on 8 February 2001 in western part of Szczecin Lagoon.....	75

Figure 7.6.	Ice situation on 12 February 2001 in Szczecin Lagoon.....	75
Figure 8.1.	Running 5-day means of air temperature in Ueckermünde in the winter of 2001/02...	79
Figure 8.2.	Running 5-day means of water temperature (at 3 m depth) in Koserow in the winter of 2001/02.....	79
Figure 8.3.	Running 5-day means of surface water temperature in Świnoujście in the winter of 2001/02 (measured daily at 6:00 UTC, data from IMGW).....	79
Figure 8.4.	Ice concentration and thickness in the Szczecin Lagoon during the winter of 2001/02.....	80
Figure 8.5.	Accumulated sum of coldness and measured ice thickness in the Szczecin Lagoon . (Kleines Haff) in the winter of 2001/02.....	81
Figure 8.6.	Extent of ice cover in Szczecin Lagoon and Pomeranian Bay on 5 January 2002.....	81
Figure 8.7.	Extent of ice cover in Szczecin Lagoon and Pomeranian Bay on 15 January 2002.....	81
Figure 9.1.	Dependence of the mean maximum ice thickness on the cold sum in Szczecin Lagoon $h_{max} = 2.12 * K_s^{1/2} - 5.36$ and measured mean maximum ice thickness in the winters of 1990/91, 1991/92, 1992/93, 1993/94, 1994/95, 1995/96, 1997/98, 1998/99, 1999/2000, 2000/01, 2001/02, and 2002/2003.....	83
Figure 9.2.	Dependence of ice thickness in Szczecin Lagoon on the cold sum in mild ice winters and measured ice thickness in the winters of 1990/2000, 2000/01, and 2001/02; $h = 0.28 * K_s - 0.29$ (Sztobryn et al., 1999) – old equation for mild winters $h = 0.24 * K_s - 0.29$ new equation for mild winters.....	84
Figure 9.3.	Dependence of ice thickness in Szczecin Lagoon on the cold sum in moderate ice winters and measured ice thickness in the winters of 1996/97 and 2002/03; $h = 0.0006 * K_s + 3.17 K_s^{1/2} - 6.99$ – old equation for moderate winters $h = 0.0320 * K_s + 3.37 K_s^{1/2} - 7.38$ new equation for moderate winters.....	84
Figure 9.4.	Dependence of ice thickness in Szczecin Lagoon on the cold sum in strong ice winters and measured ice thickness in the winter of 1995/96; $h = 0.02 * K_s^{3/2} - 0.33 * K_s + 3.97 * K_s^{1/2} - 5.96$ – old equation for strong winters $h = 0.015 * K_s^{3/2} - 0.27 * K_s + 3.59 * K_s^{1/2} - 5.59$ new equation for strong winters.....	84
Figure 9.5.	Beginning of freezing and end of ice season in Szczecin Lagoon in mild ice winters..	85
Figure 9.6.	Number of days with ice in Szczecin Lagoon in mild ice winters.....	85
Figure 9.7.	Beginning of freezing and end of ice season in Szczecin Lagoon in moderate ice winters.....	86
Figure 9.8.	Number of days with ice in Szczecin Lagoon in moderate ice winters.....	86
Figure 9.9.	Beginning of freezing and end of ice season in strong ice winters in Szczecin Lagoon.....	87
Figure 9.10.	Number of days with ice in strong ice winters in Szczecin Lagoon.....	87
Figure 9.11.	Number of days with ice for the period 1947-2002 relative to 1961-1990 for the Ueckermünde station; the solid curve shows 5-year variations smoothed with a running mean.....	88
Figure 9.12.	Monthly mean of air temperatures from 1947-2002 relative to 1961-1990 for the Ueckermünde station (data from German Weather Service); the solid curve shows 5-year variations smoothed with a running mean.....	89

12. Tabellenverzeichnis / Table Index

Tabelle 1.1.	Monatsmittelwerte der Lufttemperatur (°C) im Winter 1999/2000 und ihre Abweichungen in (K) vom Klimamittel 1961 bis 1990 (Angaben des DWD)	
Table 1.1.	Mean monthly air temperatures (°C) in the winter of 1999/2000 and their deviations (K) from the climatic mean values 1961 to 1990 (data from German Weather Service)..	10
Tabelle 1.2.	Eisverhältnisse in den deutschen Küstengewässern im Winter 1999/2000	
Table 1.2.	Ice conditions in the German coastal waters in the winter of 1999/2000.....	12
Tabelle 2.1.	Monatsmittelwerte der Lufttemperatur (°C) im Winter 2000/01 und ihre Abweichungen in (K) vom Klimamittel 1961 bis 1990 (Angaben des DWD)	
Table 2.1.	Mean monthly air temperatures (°C) in the winter of 2000/01 and their deviations (K) from the climatic mean values 1961 to 1990 (data from German Weather Service).....	16
Tabelle 2.2.	Eisverhältnisse in den Gewässern der deutschen Nordseeküste im Winter 2000/01	
Table 2.2.	Ice conditions in the waters of the German North Sea coast in the winter of 2000/01.....	19
Tabelle 2.3.	Eisverhältnisse in den Gewässern der deutschen Ostseeküste im Winter 2000/01	
Table 2.3.	Ice conditions in the waters of the German Baltic Sea coast in the winter of 2000/01.....	19
Tabelle 3.1.	Monatsmittelwerte der Lufttemperatur (°C) im Winter 2001/02 und ihre Abweichungen in (K) vom Klimamittel 1961 bis 1990 (Angaben des DWD)	
Table 3.1.	Mean monthly air temperatures (°C) in the winter of 2001/02 and their deviations (K) from the climatic mean values 1961 to 1990 (data from German Weather Service).....	23
Tabelle 3.2.	Eisverhältnisse in den Gewässern der deutschen Nordseeküste im Winter 2001/02	
Table 3.2.	Ice conditions in the waters of the German North Sea coast in the winter of 2001/02.....	26
Tabelle 3.3.	Eisverhältnisse in den Gewässern der deutschen Ostseeküste im Winter 2001/02	
Table 3.3.	Ice conditions in the waters of the German Baltic Sea coast in the winter of 2001/02.....	28
Tabelle 4.1.	Monatsmittelwerte der Lufttemperatur (°C) im Winter 2002/03 und ihre Abweichungen in (K) vom Klimamittel 1961 bis 1990 (Angaben des DWD)	
Table 4.1.	Mean monthly air temperatures (°C) in the winter of 2002/03 and their deviations (K) from the climatic mean values 1961 to 1990 (data from German Weather Service).....	34
Tabelle 4.2.	Eisverhältnisse in den Gewässern der deutschen Nordseeküste im Winter 2002/03	
Table 4.2.	Ice conditions in the waters of the German North Sea coast in the winter of 2002/03.....	41
Tabelle 4.3.	Schiffahrtsverhältnisse in den Gewässern der deutschen Nordseeküste im Eiswinter 2002/03	
Table 4.3.	Navigation conditions in the waters of the German North Sea coast in the winter of 2002/03.....	42
Tabelle 4.4.	Eisverhältnisse in den Gewässern der deutschen Ostseeküste im Winter 2002/03.	
Table 4.4.	Ice conditions in the waters of the German Baltic Sea coast in the winter of 2002/03.....	44
Tabelle 4.5.	Schiffahrtsverhältnisse in den Gewässern der deutschen Ostseeküste im Eiswinter 2002/03	
Table 4.5.	Navigation conditions in the waters of the German Baltic Sea coast in the winter of 2002/03.....	46
Tabelle 5.1.	Monatsmittelwerte der Lufttemperatur (°C) im Winter 2003/04 und ihre Abweichungen in (K) vom Klimamittel 1961 bis 1990 (Angaben des DWD)	
Table 5.1.	Mean monthly air temperatures (°C) in the winter of 2003/04 and their deviations (K) from the climatic mean values 1961 to 1990 (data from German Weather Service).....	53
Tabelle 5.2.	Eisverhältnisse in den Gewässern der deutschen Nordseeküste im Winter 2003/04	
Table 5.2.	Ice conditions in the waters of the German North Sea coast in the winter of 2003/04.....	56

Tabelle 5.3.	Eisverhältnisse in den Gewässern der deutschen Ostseeküste im Winter 2003/04	
Table 5.3.	Ice conditions in the German Baltic Sea coastal waters in the winter of 2003/04.....	59
Table 6.1.	Air and water temperatures in the Szczecin Lagoon and Pomeranian Bay in the winter of 999/2000.....	66
Table 6.2.	Statistics of the ice parameters (only for winters with ice).....	68
Table 7.1.	Air temperatures in °C for the station Ueckermünde in the winter of 2000/01.....	72
Table 7.2.	Water temperatures in °C in Koserow (at 3 m depth) in the winter of 2000/01 (MURSYS, 2001).....	72
Table 8.1.	Air temperatures in °C at the station Ueckermünde in the winter of 2001/02.....	78
Table 8.2.	Water temperatures in °C in Koserow (at a depth of 3 m) in the winter of 2001/02 (StAUN M/V, 2002).....	78

13. Abkürzungen / Acronyms

BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
DWD	Deutscher Wetterdienst
IMGW	Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Oddział Morski
MURSYS	Meeresumwelt-Reportsystem
LUNG	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie, Mecklenburg-Vorpommern
SMHI	Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut
StAUN	Staatliches Amt für Umwelt und Natur (Rostock)

14. Begriffe

Anzahl der Tage mit Eis

Anzahl der Tage mit Eisvorkommen

Aufgepresstes Eis

Eis, bei dem die einzelnen Stücke willkürlich übereinandergelagert sind und eine ebene Oberfläche mit Presseishügeln oder Presseisrücken (-wällen) bilden

Dichtes Eis

Eis mit einem Bedeckungsgrad von 7/10 bis 8/10; Eisschollen berühren sich meistens

Dünnes Eis

Eis mit Eisdicken unter 15 cm

Ebenes Eis

Eis, das noch nicht deformiert wurde

Eisbedeckungsgrad

Der Eisbedeckungsgrad gibt den Anteil der eisbedeckten Wasseroberfläche des Beobachtungsbereiches in Zehntel an

Eisbildungsperiode

Zeitraum, in dem es zu der Eisbildung im Beobachtungsbereich kommt oder die Eisentwicklung sich nach einer Stagnation (einem Rückgang) wieder fortsetzt

Eissaison

Zeitraum zwischen der ersten und letzten Eismeldung des Beobachtungsbereiches; die Eissaison kann mehrere Eisbildungsperioden enthalten

Festeis

Eis, das an der Stelle, an der es entstanden ist, fest liegen bleibt. Festeis entsteht direkt aus dem Meerwasser oder durch Zusammenfrieren des Treibeises.

Flächenbezogene Eisvolumensumme oder $V_{A\Sigma}$

Mit der flächenbezogenen Eisvolumensumme wurde 1989 ein neues Maß zur Bewertung der Eiswinter eingeführt. Zusätzlich zur Dauer der Vereisung wird der Bedeckungsgrad und die Eisdicke zur Bestimmung hinzugezogen, um den häufig unterbrochenen Vereisungsperioden in den einzelnen Wintern besser gerecht zu werden. Die täglichen Werte der flächenbezogenen Eismenge an den 13 Eisklimastationen werden aufsummiert. Die flächenbezogene Eisvolumensumme ergibt sich daraus als Durchschnittswert der 13 Stationen durch

$$V_{A\Sigma} = \frac{1}{n} \sum_j \sum_k (NH)_{jk},$$

Es bedeuten:

- n = Anzahl der Stationen
- N = Eisbedeckungsgrad (in Zehntel)
- H = Eisdicke
- j = Laufzahl der 13 Stationen
- k = Laufzahl der Tage mit Eis

Lockerer Eis

Eis mit einem Bedeckungsgrad von 4/10 bis 6/10; Die Eisschollen berühren sich im allgemeinen nicht, es sind viele Rinnen und Stellen mit offenem Wasser vorhanden

Maximale Eisdicken

Dicken des ebenen Eises, die im Stand der maximalen Eisentwicklung in einer Eissaison erreicht werden

*Modifizierte Winterzahl oder W_z^**

Der Winterzahl (W_z) wurde von Müller-Annen (1964, 1965) eingeführt:

$$W_z = (n_{WT} / N) \cdot KS$$

Es bedeuten: n_{WT} = Anzahl der Tage mit negativem Temperaturmittel
N = Zeit vom 1. November bis 31. März
KS = Kältesumme

W_z^* ($T_m < -2,0 \text{ °C}$) wird aus den Tagesmittelwerten der Lufttemperatur von $< -2,0 \text{ °C}$ für die Zeit des Unterschreitens der 4 °C – Wassertemperatur bis zum 15. März berechnet:

Neueis und Neueisarten

Eine allgemeine Bezeichnung für kürzlich gebildetes Eis, die kristalline Formen des Eises, Eisschlamm, Schneebröckchen und Eisbröckchen einschließt.

Presseisrücken

Ein Rücken oder Wall gebrochenen Eises, wobei die linienförmige Aufwärtsverlagerung der Eismassen durch Pressung entstand.

Reduzierte Eissumme

1947/48 wurde für die Bewertung der Stärke eines Eiswinters in den deutschen Küstengebieten die reduzierte Eissumme eingeführt. Es handelt sich dabei um den arithmetischen Mittelwert der Tage mit Eisvorkommen an den 13 Eisklimastationen, durch den Umfang und Dauer der Vereisung charakterisiert wird.

Sehr dichtes Eis

Eis mit einem Bedeckungsgrad von 9/10 bis 9*/10; 9*/10 bedeutet einen Bedeckungsgrad von 10/10 mit Öffnungen im Eis

Taupunktdifferenz

Differenz zwischen der Lufttemperatur und dem Taupunkt

Treibeis

Ein im weiten Sinn benutzter Begriff, der außer Festeis jedes Meereisvorkommen, gleichgültig welcher Art und Verteilung, einschließt.

Übereinandergeschobenes Eis

Eine Form des deformierten Eises, charakterisiert durch das Aufschieben eines Eisstückes auf oder unter ein anderes.

15. Definitions

Accumulated areal ice volume, or $V_{A\Sigma}$

The accumulated areal ice volume was introduced in 1989 as a new way of classifying ice winters. Besides the duration of ice cover, also the ice concentration and thickness is included in the calculation, thus taking into account interruptions of freezing periods during each winter season. The daily areal ice volume data at the 13 ice climatological stations are summed, and the accumulated areal ice volume is obtained by computing the average of the 13 stations as

$$V_{A\Sigma} = \frac{L}{n} \sum_j \sum_k (NH)_{jk},$$

with n = number of stations
 N = ice concentration (in tenths)
 H = ice thickness
 j = index of the 13 stations
 k = index of days with ice.

Close drift ice

Drift ice with concentration of 7/10 to 8/10, composed of floes mostly in contact

Difference of dewpoint

Difference between the air temperature and the dewpoint

Drift ice

Term used in a wide sense to include any area of sea ice, other than fast ice, no matter what form it takes or how it is disposed

Fast ice

Sea ice which forms and remains fast along the coast. Fast ice may be formed from sea water or by freezing of drift ice

Freezing period

Period in which ice formation occurs in an observations area or ice increase continues after a stagnation of ice development (ice decrease)

Ice concentration

The ratio expressed in tenths describing the amount of the sea surface covered by ice as a fraction of the whole area being considered

Ice season

Period between the first and the last ice occurrence in the area being considered; Ice season may contain several freezing periods

Level ice

Sea ice which has not been affected by deformation

Maximum ice thickness

Thickness of the level ice which is achieved in the maximum ice development of an ice season

*Modified 'Winterzahl', or W_z^**

Winterzahl (W_z) was introduced by Müller-Annen (1964, 1965) as $W_z = (n_{WT} / N) \cdot KS$,

with n_{WT} = number of days with negative means of the air temperature

 N = period from 1st of November to 31st of March

 KS = sum of coldness

W_z^* ($T_m < -2,0$ °C) takes into consideration the daily mean of air temperature starting with temperatures below -2.0 °C and the period from the date with water temperatures below 4 °C until 15th March

<i>New ice</i>	A general term for recently formed ice which includes frazil ice, grease ice, slush and shuga
<i>Number of days with ice</i>	Number of days with ice occurrence
<i>Open drift ice</i>	Drift ice with concentration of 4/10 to 6/10, with many leads and polynyas, and the floes are generally not in contact with each other
<i>Rafted ice</i>	Type of deformed ice formed by one piece of ice overriding another
<i>Reduced sum of ice</i>	In 1947/48, the reduced ice sum was introduced for the evaluation of ice winter severity in the German coastal regions. It constitutes the arithmetic mean of days with ice recorded at the 13 ice climatological stations and characterises the extent and duration of ice occurrence.
<i>Ridge</i>	A line or wall of broken ice forced up by pressure
<i>Ridged ice</i>	Ice piled haphazardly one piece over another in the form of ridges or walls
<i>Thin ice</i>	Ice with ice thickness less than 15 cm
<i>Very close drift ice</i>	Drift ice with concentration of 9/10 to less than 10/10

16. Danksagung / Acknowledgement

Allen Mitarbeitern des Eisdienstes sei für die Unterstützung bei der Fertigstellung dieses Heftes herzlich gedankt und Frau Lange für die Übersetzung der Texte in die englische Sprache.

Ein herzlicher Dank geht auch an Robert Hagen, der während des Schülerpraktikums im Juli 2000 in Rostock zu dem Abschnitt "Trends of Ice Conditions in the Szczecin Lagoon in the Period 1929-2000" die Untersuchungen der Eisparameter durchgeführt hat.

Herewith we would like to express our sincere thanks to all coworkers of the Ice-Service group and Mrs. Lange for the translation into English.

We would like to thank also Robert Hagen, who contributed to the section "Trends of Ice Conditions in the Szczecin Lagoon in the period 1929-2000" during a work experience program for pupils in July 2000 in Rostock.

17. Autoren / Authors

Natalija Schmelzer

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
Neptunallee 5
18057 Rostock
E-Mail: natalija.schmelzer@bsh.de

Klaus Strübing

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
Bernhard-Nocht-Str. 78
20359 Hamburg

Ida Stanisławczyk

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
Oddział Morski
ul. Waszyngtona
81-342 Gdynia, Poland
E-Mail: Ida.Stanislawczyk@imgw.pl

Marzenna Sztobryn

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
Oddział Morski
ul. Waszyngtona
81-342 Gdynia, Poland
E-Mail: Marzenna.Sztobryn@imgw.pl