

BUNDESAMT FÜR
SEESCHIFFFAHRT
UND
HYDROGRAPHIE

Klimatologischer Eisatlas

für die westliche und südliche Ostsee

(1961–2010)

Digitaler Anhang:
Vergleich der Eisverhältnisse in den 30-jährigen Zeiträumen
1961–1990, 1971–2000 und 1981–2010

Autoren:
Natalija Schmelzer und Jürgen Holfort, deutscher Eisdienst, BSH, Hamburg und Rostock
unter Mitarbeit von:
Marzenna Sztobryn, polnischer Eisdienst, IMGW-PIB, Gdynia und
Paweł Przygodzki, Flood Modelling Centre, IMGW-PIB, Gdynia

Inhalt

Einführung	5
Allgemeines	6
Datenmaterial	9
Beginn und Ende des Eisauftretens im Zeitraum 1961–2010	
Mittlerer und frühester Beginn	12
Mittleres und spätestes Ende	13
Anzahl der Tage mit Eis im Zeitraum 1961–2010	
Mittlere (für alle Winter), mittlere (nur für Winter mit Eis), maximale	14
Länge der Eissaison im Zeitraum 1961–2010	
Mittlere (für alle Winter), mittlere (nur für Winter mit Eis), maximale	15
Häufigkeit des Eisauftretens im Zeitraum 1961–2010	
Am 1., 11., 21. Dezember	17
Am 1., 11., 21. Januar	18
Am 1., 11., 21. Februar	19
Am 1., 11., 21. März	20
Am 1., 11. April	21
Häufigkeit des Eisauftretens (Bedeckungsgrad > 7/10)	
Am 1., 11., 21. Dezember	22
Am 1., 11., 21. Januar	23
Am 1., 11., 21. Februar	24
Am 1., 11., 21. März	25
Am 1., 11. April	26
Häufigkeit des Eisauftretens (Bedeckungsgrad > 7/10 und Eisdicke > 10 cm)	
Am 1., 11., 21. Dezember	27
Am 1., 11., 21. Januar	28
Am 1., 11., 21. Februar	29
Am 1., 11., 21. März	30
Am 1., 11. April	31
Bedeckungsgrad	
<i>Mittlerer (für alle Winter)</i>	
Am 1., 11., 21. Dezember	32
Am 1., 11., 21. Januar	33
Am 1., 11., 21. Februar	34
Am 1., 11., 21. März	35
Am 1., 11. April	36
<i>Mittlerer (nur für Winter mit Eis)</i>	
Am 1., 11., 21. Dezember	37
Am 1., 11., 21. Januar	38
Am 1., 11., 21. Februar	39
Am 1., 11., 21. März	40
Am 1., 11. April	41
<i>Maximaler</i>	
Am 1., 11., 21. Dezember	42
Am 1., 11., 21. Januar	43
Am 1., 11., 21. Februar	44
Am 1., 11., 21. März	45
Am 1., 11. April	46

Eisdicke (ebenes Eis)*Mittlere (für alle Winter)*

Am 1., 11., 21. Dezember	47
Am 1., 11., 21. Januar	48
Am 1., 11., 21. Februar	49
Am 1., 11., 21. März	50
Am 1., 11. April	51

Mittlere (nur für Winter mit Eis)

Am 1., 11., 21. Dezember	52
Am 1., 11., 21. Januar	53
Am 1., 11., 21. Februar	54
Am 1., 11., 21. März	55
Am 1., 11. April	56

Maximale

Am 1., 11., 21. Dezember	57
Am 1., 11., 21. Januar	58
Am 1., 11., 21. Februar	59
Am 1., 11., 21. März	60
Am 1., 11. April	61

Eisverhältnisse in einem extrem starken (1962/63), sehr starken (1986/87) und mäßigen (2010/11) Eiswinter

Operationelle Eiskarten	62
Temperaturverhältnisse	74

Statistische Angaben für 14 Eisbeobachtungsstationen entlang der südlichen Ostseeküste im Zeitraum 1961–2010 . 76**Vergleiche der Lufttemperatur- und Eisverhältnissen in den Zeiträumen 1961–1990, 1971–2000 und 1981–2010**

Vergleich der Lufttemperaturen	82
Vergleich der Eisverhältnisse in den Küstengewässern	84
Vergleich der Eisverhältnisse im Seebereich	87

Literatur 88**Abkürzungen und Adressen** 88

Einführung

Im vorliegenden Eisatlas werden die Ergebnisse der statistischen Auswertung der Eisdaten aus dem Zeitraum 1961–2010 (50 Jahre) für den Bereich der Ostsee südlich von 56° N dargestellt. Die Analyse erfasst die Daten des Seebereiches und 14 entlang der deutschen und polnischen Küste ausgewählter Eisbeobachtungsstationen. Zusätzlich werden die Eisparameter in den 30-jährigen Zeiträumen (1961–1990, 1970–2000, 1981–2010) analysiert und untereinander verglichen. Auch hier liegen die Ergebnisse für den Seebereich und für die 14 Eisbeobachtungsstationen an der südlichen Ostseeküste vor. Die Resultate sind in Form von Karten und Tabellen auf beiliegender CD gespeichert.

Die existierenden Eisatlanten für verschiedene Ostseebereiche beschreiben nicht die aktuellen Eisbedingungen und die Veränderungen der Eisverhältnisse in den letzten 30 Jahren, siehe untenstehende Beispiele.

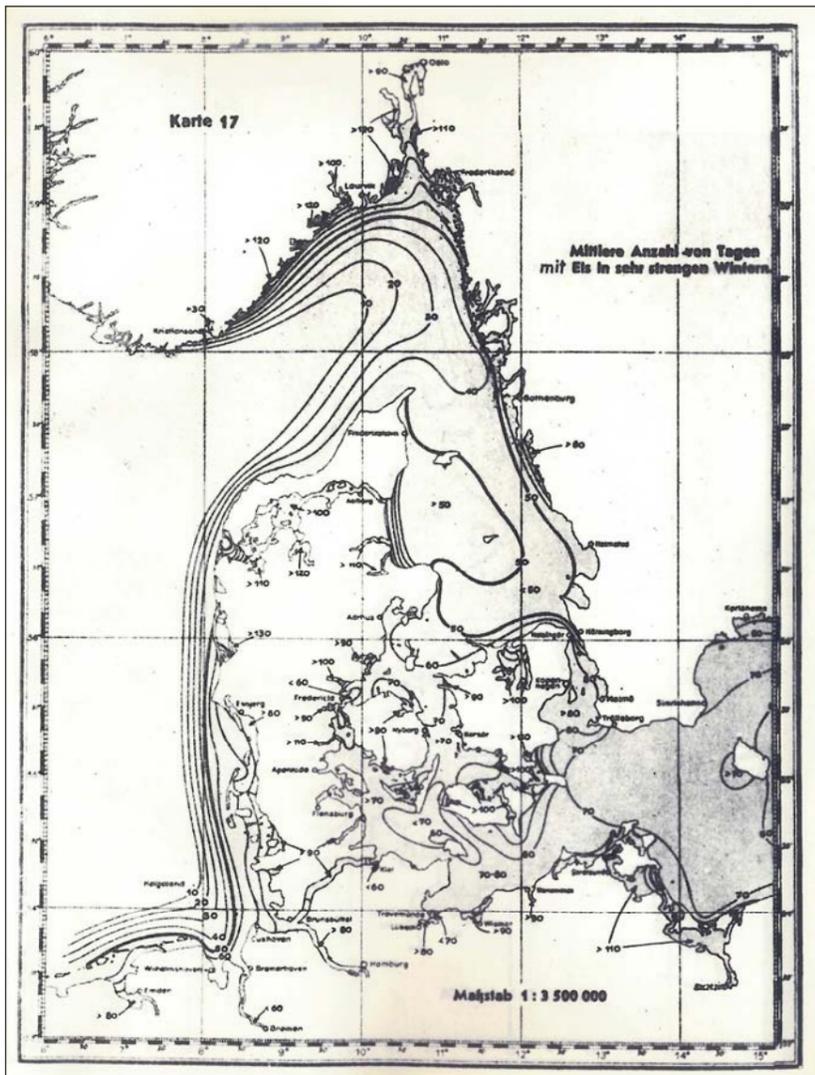


Abb. 1: Atlas Beispiel: Eisverhältnisse in den deutschen Ost- und Nordseegebieten und in den Gewässern zwischen Ost- und Nordsee

SHD, Berlin, 1952

Datenreihe: 1903/04–1940/41

Parameter:

- Eisausdehnung am 1., 11. und 21. Tag der Monate Dezember bis Mai in schwachen, mäßigen, starken und sehr starken Eiswintern
- Mittlere Anzahl der Tage mit Eis in schwachen, mäßigen, starken und sehr starken Eiswintern
- Häufigkeit des Eisauftretens in schwachen, mäßigen, starken und sehr starken Eiswintern
- Mittlere Anzahl der Tage mit Eis mit Schifffahrtsbehinderungen in starken Eiswintern

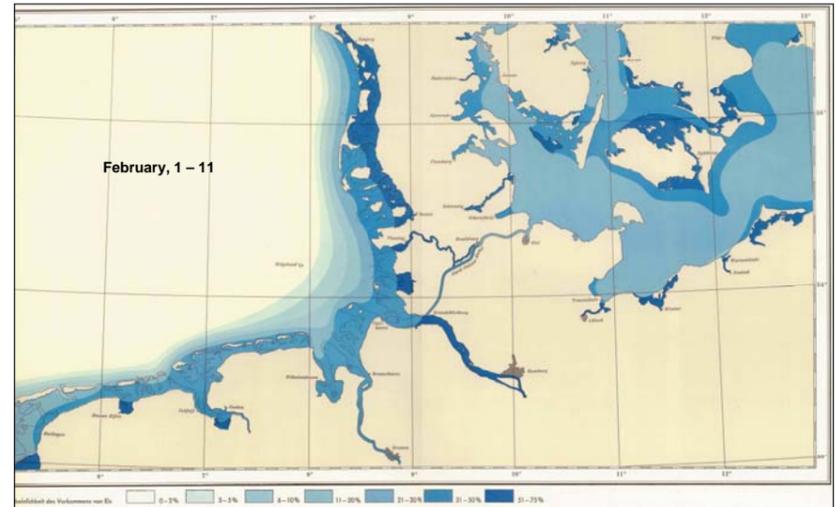


Abb. 2: Atlas Beispiel: Eisverhältnisse in der Deutschen Bucht und westlichen Ostsee

DHI, Hamburg, 1956

Datenreihe: 1896/97–1953/54

Parameter:

- Wahrscheinlichkeit des Eisauftretens in den Zeiträumen 1–10, 11–20, 21–30 (31) der Monate November bis Mai
- Mittlere Anzahl der Tage mit Eis in schwachen, mäßigen, starken, sehr starken und extrem starken Eiswintern
- Karten mit maximaler Eisausdehnung in schwachen, mäßigen, starken, sehr starken und extrem starken Eiswintern
- Verschiedene Tabellen

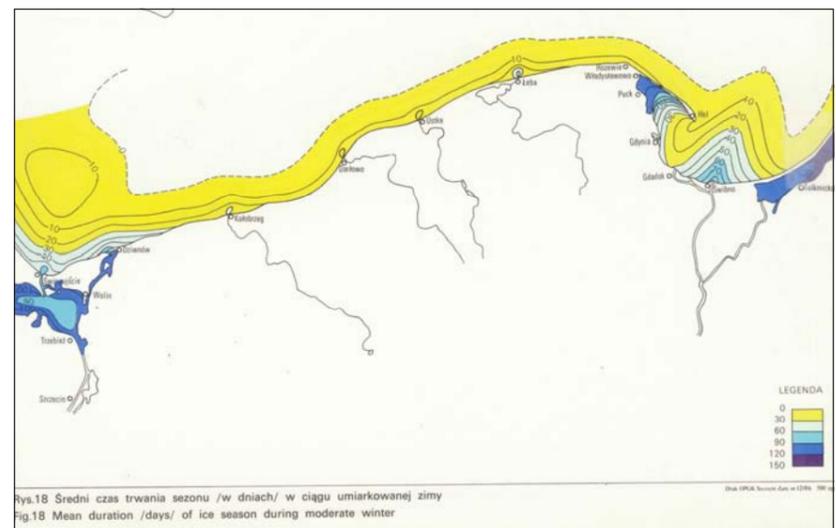


Abb. 3: Atlas Beispiel: Eisverhältnisse in den polnischen Küstengewässern

J. P. Girjatowicz

Szczecin, 1985, 1990

Datenreihe: 1946/47–1985/86

Parameter:

Mittlere und extreme Daten für:

- Länge der Eissaison
- Eisdicke und
- Schifffahrtsverhältnisse in schwachen, mäßigen und starken Eiswintern
- Verschiedene Tabellen

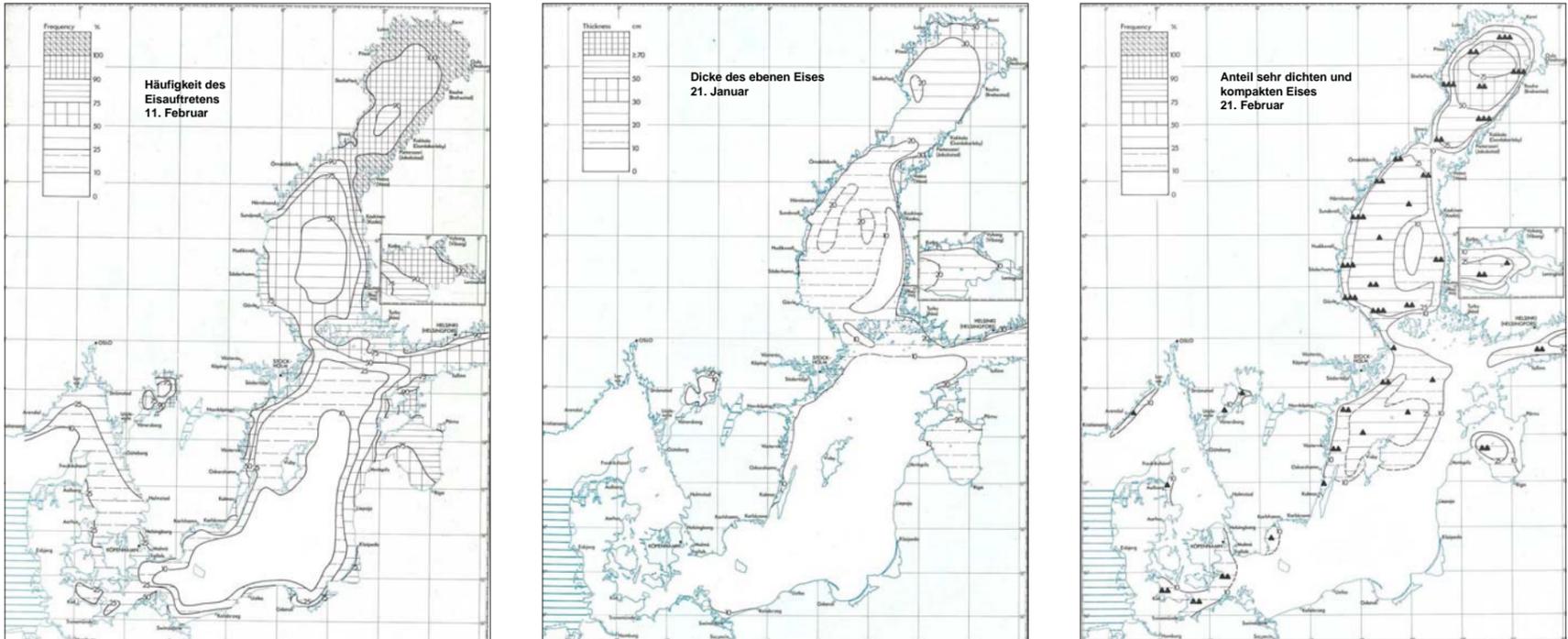


Abb. 4: Atlas Beispiel: Klimatologischer Eisatlas für die Ostsee, das Kattegat, den Skagerrak und Vänernsee

SMHI, FIMR
Norrköping, 1982
Datenreihe: 1962/63–1978/79

Parameter:

- Häufigkeit,
- Häufigkeit des hohen Bedeckungsgrades,
- Mittlerer Bedeckungsgrad,
- Überwiegende Eisform,
- Mittlere Dicke des ebenen Eises,
- Wahrscheinlichkeit des Auftretens sehr dichten und kompakten Eises,
- Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Presseisrücken,
- Spezielle Eisinformation

Dieser Atlas ist der vollständigste der existierenden Atlanten, aber er spiegelt nicht die Klimaentwicklung der letzten 30 Jahren wider.

Allgemeines

In der Ostsee S-lich von 56° N bildet sich im Winter nicht regelmäßig Eis. Verantwortlich für die großen räumlichen und zeitlichen Schwankungen der Eisbedeckung sind Art und Beständigkeit der über Europa herrschenden Großwetterlagen. Im Herbst und Winter überwiegen die Großwetterlagen mit W-lichen Winden. Sie führen milde atlantische Luftmassen nach Mitteleuropa und kühlen infolgedessen die See nicht nennenswert ab. O-Wetterlagen kühlen dagegen in dieser Jahreszeit das Wasser rasch ab, insbesondere wenn durch größere Windgeschwindigkeiten der für die Abkühlung wichtige turbulente Wärmeaustausch zwischen See und Luft groß ist.

Von diesen Wetterlagen sind besonders wirksam die stationären großräumigen Hochdruckgebiete über N-Skandinavien und dem Europäischen Nordmeer, die gewöhnlich langandauernde Kaltluftvorstöße aus NO und O verursachen. Die im Zusammenhang mit einem Hochdruckgebiet über Russland stehenden kalten SO-Winde kühlen die See nicht so rasch ab. Umfang und Dauer der Eisbedeckung in der Ostsee und in den Zugängen der Nordsee hängen wiederum ab von der Anzahl, der Stärke und der Länge der Kälteperioden und dem Zeitpunkt ihres Auftretens. Sehr starke Eiswinter sind dann am wahrscheinlichsten, wenn eine starke Abkühlung der offe-

nen See schon im Spätherbst einsetzt und fast unvermindert bis zur Eisbildung, die gewöhnlich Mitte Januar erfolgt, andauert. Bleibt eine für den Zustrom sehr kalter Luft sorgende Großwetterlage noch längere Zeit erhalten, dann vereist auch die Ostsee westlich von Bornholm.

Die Bildung und flächenhafte Ausdehnung des Eises hängt nicht nur von den Luft- und Wassertemperaturen und dem Wind ab. Der Salzgehalt des Oberflächenwassers, Strömungen und Wasserstandsschwankungen spielen bei der Eisbildung eine unterschiedliche, aber nicht geringe Rolle. Bei zunehmendem Salzgehalt nimmt der Gefrierpunkt des Wassers ab. Dieser beträgt in der Kieler Bucht $-0,9$ bis $-1,2$ °C, im Fehmarnbelt $-0,6$ bis $-0,9$ °C und nimmt nach Osten hin infolge des geringer werdenden Salzgehaltes bis auf $-0,4$ °C zu. In Gebieten mit starker Strömung und starker vertikaler Salzgehaltsschichtung (Storebælt, Fehmarnbelt) ist die der Abkühlung unterworfenen Oberflächenschicht im Anfangsstadium der Vereisung gewöhnlich 5 m dick, in der meistens durchmischten Kieler Bucht dagegen 10–15 m.

Diese kalte Oberflächenschicht entsteht bei intensivem Ausstrom in der W-lichen Ostsee, der gewöhnlich mit O-Wetterlagen verbunden ist. Es gelangt dadurch salzarmes und sehr kaltes Oberflächenwasser aus der eigentlichen Ostsee in die Beltsee. Diese Schicht kann sich durch den Wärmeaustausch mit der Atmosphäre rasch abkühlen, weil die als Sperre wirkende Dichtesprungschicht den weiteren Wärmeumsatz mit dem salzreicheren und wärmeren Tiefenwasser verhindert. Wegen der geringeren Mächtigkeit dieser Schicht entsteht im Fehmarnbelt das Eis einige Tage früher als in der offenen Kieler Bucht.

Ein anderes ostseetypisches Phänomen, das sehr selten ist (Matthäus, 2005; Matthäus et al., 2008), beeinflusst den Eisrückgang in der westlichen Ostsee. Nach einem strengen meteorologischen Winter, wenn fast die ganze Ostsee quasi eisbedeckt war, gelangt mit dem Einsetzen von Westwetterlagen salzreiches Nordseewasser mit höherem spezifischen Gewicht unter das Eis des Kattegats, des Großen Belts und schließlich der Kieler und Mecklenburger Bucht. Infolge der damit verbundenen Gefrierpunktniedrigung des Wassers schmilzt das Eis auf See von unten her und verschwindet schneller als erwartet.

Die Eiswinter an der deutschen Ostseeküste werden nach dem Wert der flächenbezogenen Eisvolumensumme ($V_{A\Sigma}$), 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:

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

- mit
 n – Anzahl der Stationen (13 für deutsche Ostseeküste)
 N – Bedeckungsgrad (in Zehntel)
 H – Eisdicke
 j – Laufzahl der 13 Stationen
 k – Laufzahl der Tage mit Eis

In Abb. 5 ist die Verteilung der flächenbezogenen Eisvolumensumme an der deutschen Ostseeküste im Zeitraum 1879–2011 mit Klassengrenzen dargestellt. In den im Atlas analysierten 50 Jahren gab es 1 extrem starken, 5 sehr starke, 3 starke, 16 mäßige und 25 schwache Eiswinter. In der Tabelle 1 sind die typischen Merkmale der verschiedenen Eiswintertypen zusammengefasst.

In der südlichen Ostsee wird die Stärke eines Eiswinters durch den Eisindex (S) bestimmt, der die Dauer des Eisvorkommens und die Wahrscheinlichkeit des Eisauftretens im betrachteten Bereich berücksichtigt, (Sztobryn et al, 2008):

$$S = 0.05 \times \frac{1}{i} \sum_i \left(\frac{N}{p} \right)_i,$$

- mit
 N – Anzahl der Tage mit Eis beobachtet an der bestimmten Station während einer Eissaison
 p – Wahrscheinlichkeit des Eisauftretens an der bestimmten Station im analysierten Zeitraum
 i – Anzahl der berücksichtigten Stationen

In Abb. 6 ist die Verteilung der Eisindices und der Begrenzungslinien zwischen Eisklassen an der Küste der südlichen Ostsee im Zeitraum 1897–2011 dargestellt.

Die beiden Maßzahlen bewerten die Eiswinter, besonders extreme und sehr starke Eiswinter, in einer guten Übereinstimmung. Die Abweichungen in Klassifizierung der Eiswinter sind begründet in der Art der Klassifizierung selbst, in der unterschiedlichen Küstenmorphologie und in der unterschiedlichen geographischen Lage.

Flächenbezogene Eisvolumensumme an der deutschen Ostseeküste

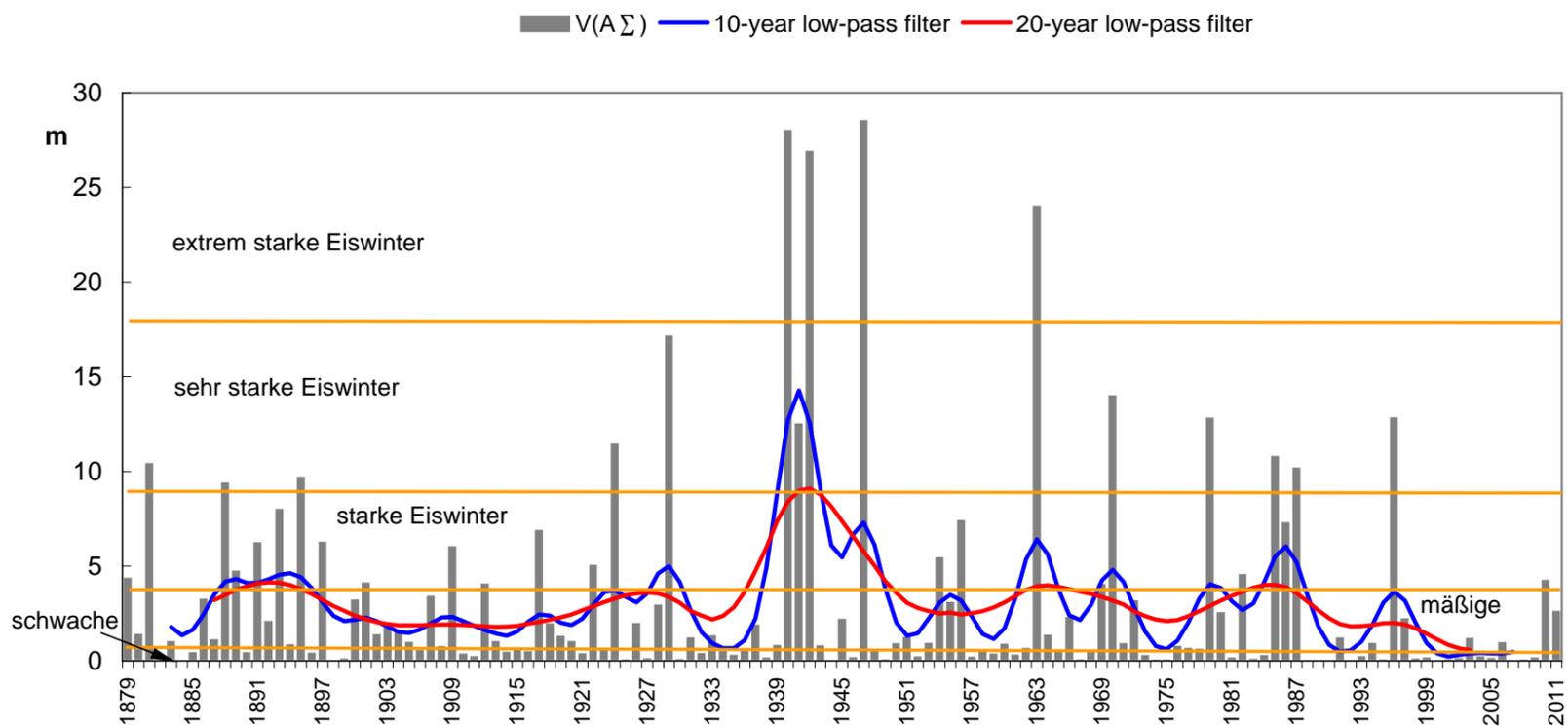


Abb. 5: Verteilung der flächenbezogenen Eisvolumensumme an der deutschen Ostseeküste im Zeitraum 1879–2011

Eiswintertyp Anzahl (%)	Bereich	Länge des Eisauftretens	Eisdicke überwiegend	Bedeckungsgrad überwiegend
Schwach bis sehr schwach 25 (50 %)	Innere Küstengewässer Außenküste	1 bis 4 Wochen bis 3 Tage	5–10 cm bis 5 cm	6/10–8/10 1/10–3/10
Mäßig 16 (32 %)	Innere Küstengewässer Außenküste	3 bis 10 Wochen bis 3 Wochen	10–30 cm 10 cm	10/10 6/10–8/10
Stark 3 (6 %)	Innere Küstengewässer Außenküste, offene See	6 bis 12 Wochen 2 bis 10 Wochen	20–30 cm 15–25 cm	10/10 6/10–10/10
Sehr stark 5 (10 %)	Innere Küstengewässer Außenküste, offene See	2 bis 3,5 Monate 1,5 bis 3 Monate	30–50 cm 30–40 cm	10/10 9/10–10/10
Extrem stark 1 (2 %)	Innere Küstengewässer Außenküste, offene See	3 bis 5 Monate 2 bis 3,5 Monate	50–70 cm 50–70 cm	10/10 9/10–10/10

Tabelle 1: Charakteristische Merkmale der Eiswintertypen im deutschen Ostseebereich (Anzahl und % sind im 50-jährigen Zeitraum 1961 bis 2010 angegeben)

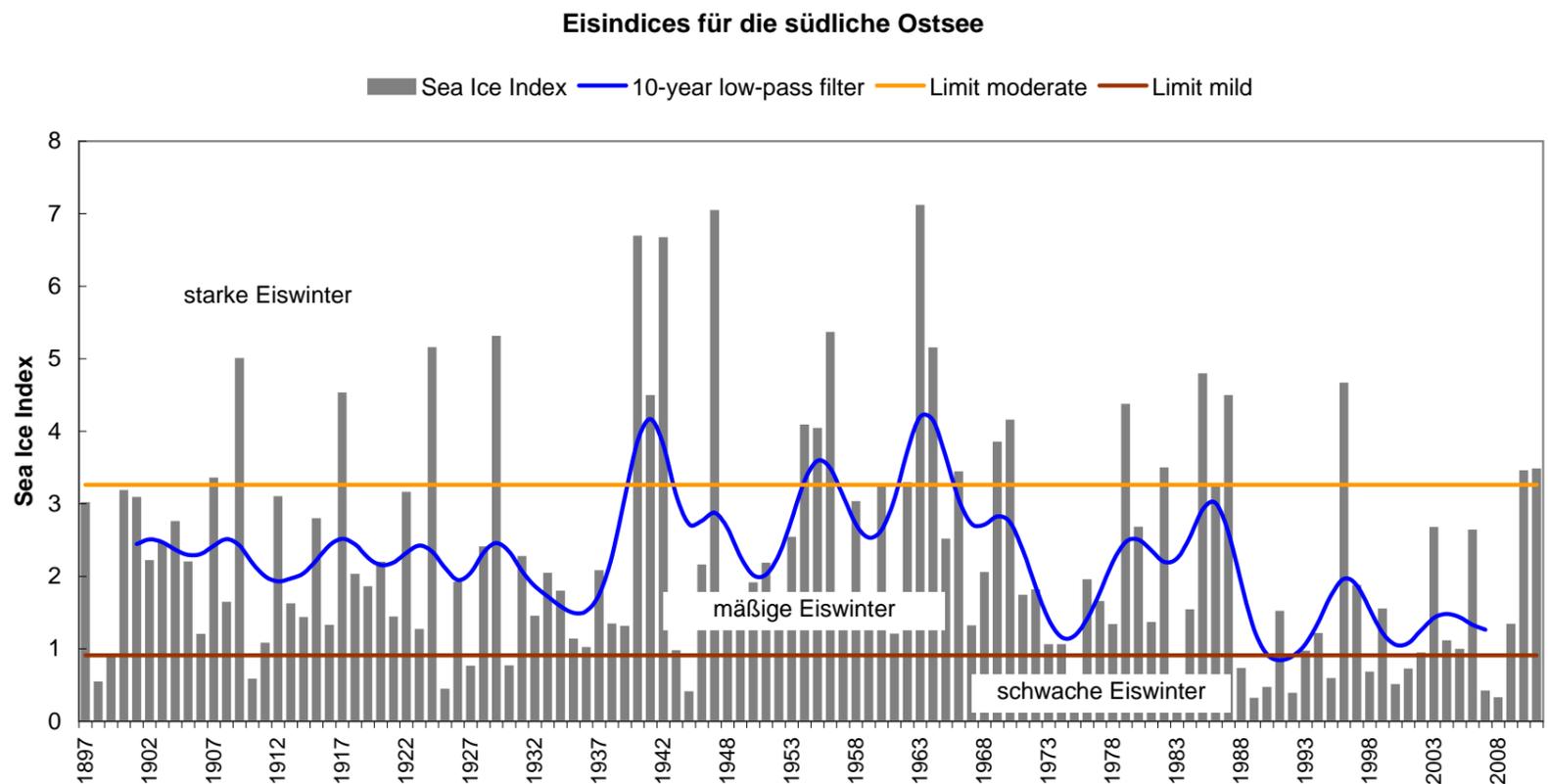


Abb. 6: Verteilung der Eisindices für den Bereich der südlichen Ostsee im Zeitraum 1897–2011

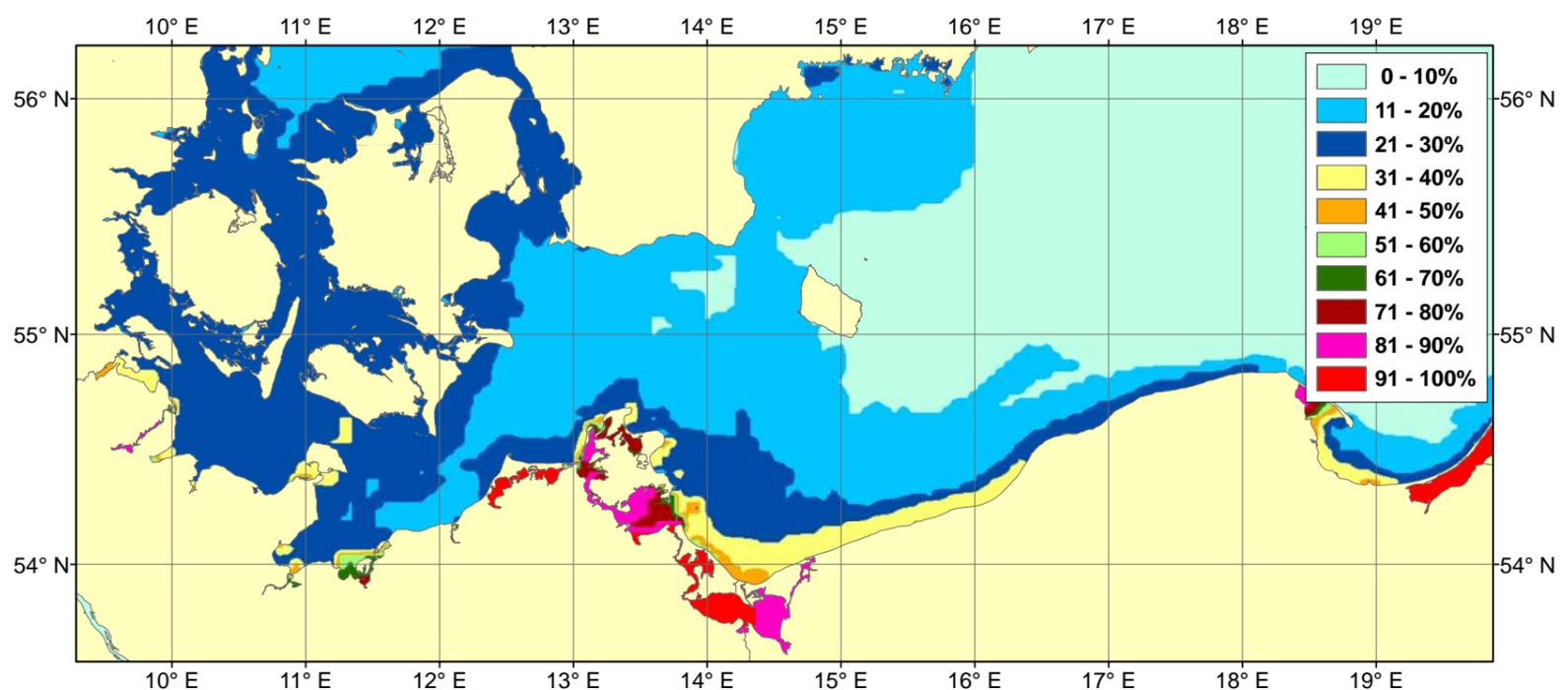


Abb. 7: Häufigkeit des Eisauftretens in der Ostsee südlich von 56° N im 50-jährigen Zeitraum 1961–2010

Die Vereisung in der Ostsee südlich von 56° N kann vier charakteristische Entwicklungsstadien durchlaufen, die nicht nur von der Strenge der Winterkälte und den regionalen ozeanographischen Bedingungen abhängen, sondern auch durch die Küstenmorphologie und die Tiefe der offenen See bestimmt werden. Sie spiegeln sich in der Abb. 7 durch die Häufigkeitsverteilung des Eisauftretens wieder. Im 50-jährigen Zeitraum 1961–2010 trat Eis in der Ostsee südlich von 56° N mit einer Häufigkeit von 80 bis 100 % in flachen und geschützt liegenden Buchten, von 20 bis 50 % an den Außenküsten und von 5 bis 30 % im Seegebiet auf.

Die Eisentwicklung im Verlauf eines mäßigen und starken Eiswinters (vgl. Karten und Tabellen auf den Seiten 12–61) stellt sich folgendermaßen dar:

Im **N o v e m b e r** kann sich bei ungewöhnlich kalter Witterung in den Haff- und Boddengewässern sowie in einigen geschützt liegenden Fahrwassern der mecklenburgischen Küste Eis bilden.

Im **D e z e m b e r** (dritte Dekade) setzt im Mittel die Vereisung der Haffgewässer ein. Bei ungewöhnlich kalter Witterung bildet sich schon in der ersten und zweiten Dekade in allen geschützt liegenden Fahrwassern der Südküste Eis, in der letzten Dekade auch in den Förden und an der mecklenburgischen und pommerschen Außenküste.

Im **J a n u a r** beginnt im langjährigen Durchschnitt die Eisbildung in den geschützt liegenden Fahrwassern, und zwar an der mecklenburgischen Küste vorwiegend in der ersten Dekade, an der schleswig-holsteinischen O-Küste in der zweiten Dekade. In der dritten Dekade kommt auch schon an der Außenküste der Lübecker und Danziger Bucht (Zatoka Gdańska) häufig Eis vor. Bei sehr kalter Witterung vereist bereits in der ersten Dekade die ganze Außenküste der S-lichen Ostsee. In der zweiten Dekade bildet sich in der Kieler und Mecklenburger Bucht sowie im Fehmarnbelt auf offener See Neueis und graues Eis (Eisdicke 10–15 cm), das überwiegend in aufgelockerter Form vorkommt. In der dritten Dekade vereist die Lübecker Bucht vollständig.

Im Februar wird in mäßigen Eiswintern der Höhepunkt der Vereisung im Küstenabschnitt W-lich von Darßer Ort Anfang des Monats erreicht (überwiegend graues Eis), im Küstenabschnitt O-lich von Darßer Ort erst Mitte des Monats (überwiegend grau-weißes Eis). In der dritten Dekade ist das Eis in fast allen Häfen schon wieder abgeschmolzen. In sehr starken Eiswintern schreitet die Vereisung der See langsam voran. In der Mehrzahl dieser Winter wird in der Ostsee W-lich von Bornholm in der dritten Dekade der Höchststand der Vereisung erreicht. In diesem Stadium ist die See mit überwiegend weißem Eis (Eisdicke 30–50 cm) bedeckt. In der Kieler Bucht und in großen Teilen der Mecklenburger Bucht ist das Eis unbeweglich. Im Gebiet von Fehmarnbelt bis W-lich der Gedser Enge bleibt das Eis infolge Wind und Strömung noch am längsten in Bewegung. Es bilden sich dabei örtlich offene Stellen im Eis, während an anderen Orten das Eis übereinandergeschoben oder bei genügender Dicke aufgesprengt wird. Es wurden auf See 3 bis 4 m hohe Presseisrücken (Segelhöhe über der Wasseroberfläche) beobachtet, die in mehreren Reihen angeordnet waren. In der Ostsee O-lich von Bornholm kommt in sehr starken Eiswintern in der dritten Februardekade hauptsächlich lockeres Treibeis (Eisbedeckungsgrad höchstens 6/10) vor, seltener Treibeisgebiete mit höherem Bedeckungsgrad. Die Hanö Bukt ist größtenteils mit Festeis bedeckt, und auch entlang der pommerschen Küste erstreckt sich ein breiter Festeissaum.

Im März schmilzt in mäßigen Eiswintern das restliche Eis in den geschützt liegenden Fahrwassern der mecklenburgischen und pommerschen Küsten ab. In sehr starken Eiswintern hat in der ersten Dekade das Eis in der Ostsee S-lich von 56° N seine größte Ausdehnung. Zu diesem Zeitpunkt überwiegt O-lich von Bornholm das grau-weiße bis weiße Eis mit einem Bedeckungsgrad von 7/10–8/10. Eis von niedrigerem Bedeckungsgrad kommt im Gebiet von 18°–20° O vor. Wind und Strömung verändern das Eisvorkommen sehr. Davon sind besonders die Pommersche und Danziger Bucht (Zatoka Gdańska) betroffen, die bei NO-Winden die Sammelbecken für die von See herantreibenden umfangreichen Eismassen sind. Durch die konvergente Eisbewegung in den Buchten entstehen starke Schubkräfte, die breite Presseiszonen erzeugen. Andererseits wird das grobe Eis an der Küste durch ablandige Winde rasch seewärts vertrieben. In der zweiten Dekade setzt W-lich von Bornholm der Eisrückgang ein. In der Mehrzahl der sehr kalten Winter schmilzt das Eis in den Küstengebieten W-lich von Darßer Ort in der dritten Dekade weitgehend ab. Auf offener See treiben aber noch Felder von überwiegend grobem Eis, die durch den Windschub an die luvseitigen Küsten gelangen.

Im April werden nach sehr starken Eiswintern die Häfen spätestens in der ersten Dekade wieder eisfrei. In der Kieler und Mecklenburger Bucht sowie im Fehmarnbelt schmelzen auf See die Eisreste spätestens in der zweiten Dekade vollständig ab, eine Dekade später als das restliche Eis W-lich und O-lich von Bornholm.

Datenmaterial

Die statistischen Karten, die in diesem Atlas gezeigt werden, basieren auf digitalisierten deutschen und polnischen Eiskarten aus dem Zeitraum 1961–2010. Der Gitterraster ist

2' Breite und 4' Länge oder etwa 2 x 2 Seemeilen. Die Ausgangsparameter sind Eisbedeckungsgrad, Eisdicke und, falls bekannt, Formen des Eises.

Im analysierten 50-jährigen Zeitraum haben sich die Eisbeobachtungsmethoden und Eisbeobachtungsdaten, die für die Eiskartenherstellung notwendig sind, beträchtlich geändert. Am Anfang der betrachteten Periode dominierten Küsten- und Schiffsbeobachtungen mit einigen gelegentlichen Flugzeugmeldungen. Die Zahl der Eisbeobachtungsflüge verringerte sich im Laufe der Zeit, während die Zahl der Satellitenbeobachtungen sich erhöht hat. Jedoch stehen gute, von der Bewölkung unabhängige Satellitendaten, nur in den letzten 15 Jahren zur Verfügung. Eisdicken werden weiterhin nur in der Küstennähe gemessen. Mit sehr wenigen Angaben der Eisdicke im Seebereich sind die Fehler der statistischen Berechnungen relativ hoch. Zunehmender Schiffsverkehr sowie Verbesserungen der Schiffbautechnik (maschinenstarke, größere Schiffe) führten ebenfalls zu Änderungen in der Eiskartenherstellung, die hauptsächlich für die Schifffahrt gezeichnet werden. Zurzeit der hölzernen Segelschiffe wurde der Schiffsverkehr sogar durch dünnes Eis behindert, sodass nur die Informationen über das Eisauftreten sehr wichtig waren, während die Unterschiede in Eiskonzentration und Eisdicke geringe Bedeutung hatten, da die Schiffe im Eis sowieso nicht fahren konnten. Moderne Stahlschiffe werden kaum durch dünnes Eis behindert. Heutzutage sind viele Schiffe fähig, im Eis hoher Konzentration und Dicke zu fahren. Aus diesem Grund sind Informationen über diese Eisparameter viel wichtiger als in der Vergangenheit geworden.

Das ist auch einer der Gründe, warum in den älteren Eiskarten kaum Angaben über die Eisdicken zu finden sind. Um die Lücken zu schließen, ist es erforderlich, die fehlenden Eisdicken auf der Grundlage von anderen vorhandenen Daten (z. B. Anzahl der Tage mit Eis, Lufttemperaturen etc.) einzuschätzen.

Die Eiskarten des polnischen Eisdienstes decken die polnische Küste und den östlichsten Teil der deutschen Küste ab. Sie wurden normalerweise 2–3 x wöchentlich gezeichnet. Neuere Karten sind bereits im Shape-Format vorhanden. Die älteren Eiskarten wurden von Kollegen des Polnischen Eisdienstes im ArcGIS nachgezeichnet und anschließend digitalisiert. Die fehlenden Eisdicken aus dem Zeitraum 1961–1981 wurden aufgrund von bekannten Zahlen (I, J, K) des baltischen Eis-Codes (Schmelzer, 2009) und durch Verwendung der Beziehung zwischen der Kältesumme und der Eisdicke berechnet (Przygodzki, 2010).

Die Eiskarten des deutschen Eisdienstes wurden 1–2 x wöchentlich, bei starken Änderung der Eislage auch häufiger herausgegeben. Die im DHI bis 1987 gezeichneten Karten wurden für die Digitalisierung von Dr. G. Koslowski vorbereitet und von Herrn R. Warnecke und R. Scholl digitalisiert. Diese Eiskarten decken auch dänische und schwedische Gewässer ab, aber im Osten reichten sie nur bis 14° O. Später wurden diese Karten bis zur deutsch-polnischen Grenze erweitert. Die Eiskarten aus den Jahren 1996 und 1997 wurden mit Hilfe des Eiskartenprogramms ICEMAP gezeichnet und digitalisiert. Ab 2004 werden die Eiskarten mit einem Eiskartenprogramm auf Basis von ArcGIS gezeichnet und digitalisiert.

Fehlende Eiskarten wurden ersetzt, indem man manuell die benachbarten Karten duplizierte. Die Häufigkeit der Eiskartenproduktion hing von der Änderung der Eislage ab. Je öfter sich die Eisverhältnisse änderten, desto öfter wurden die Karten gezeichnet. Folglich sollte die Methode, die angewendet wurde, um Daten für Tage ohne Eiskarten zu interpolieren, nicht zu all zu großen Fehlern führen.

Bei der statistischen Analyse basierend nur auf den Daten aus den Eiskarten werden die Ergebnisse zu niedrigerer Häufigkeit, späterem Termin des frühesten Eisauftretens und früherem Ende der Eissaison tendieren. Das liegt daran, dass die Herausgabe der Eiskarten erst beginnt, wenn genügend Eis im Seebereich auftritt, und endet, wenn auf See keine Behinderungen für Schiffe durch Eis auftreten. Deshalb wurden die Eiskarten durch die täglichen Daten der etwa 50 Beobachtungsstationen an der deutschen Ostseeküste ergänzt. An den anderen Küsten, an denen keine täglichen Stationsdaten zur Verfügung standen, sind die Daten des Beginns und des Endes einer Eissaison etwas verfälscht.

Da die polnischen und die älteren deutschen Eiskarten den nordöstlichsten Teil der südlichen Ostsee nicht erfassen, wurden die gröberen, im 30' x 30' – Raster digitalisierten Daten aus den deutschen, den ganzen Ostseebereich umfassenden Eisübersichtskarten (Feistel et al., 2008), zusätzlich in die Berechnungen einbezogen. Die Daten entlang der südlichen Ostseeküste wurden ausgeschaltet, indem man den Bedeckungsgrad und die Eisdicke auf Null gesetzt hat. Danach wurden die Daten auf ein 2' x 4' Rasterfeld interpoliert (die Interpolation wird nachfolgend besprochen) und zu den deutschen Rasterdaten zugefügt. Dies wurde separat für jedes Jahr und nur für den Seebereich östlich des östlichsten Datenpunktes in den fein gerasterten deutschen Karten durchgeführt. Die Anwendung der grob digitalisierten Eiskarten beeinflusst die Ergebnisse der Analyse der langjährigen Datenreihe und äußert sich in eiförmigen Gebilden in den statistischen Angaben für Herbst- oder Frühlingstermine (z. B. Häufigkeit, Eisbedeckungsgrad oder Eisdicke für den 1. April).

Die polnischen Daten und die ergänzten deutschen Daten wurden zu einem einzelnen Satz zusammengefügt. Für die Punkte, die gleichzeitig in beiden Datensätzen vorkommen, wurden der größte Bedeckungsgrad und die höhere Eisdicke ausgewählt. Im Bereich, wo beide Sätze sich überdecken (hauptsächlich in der Pommerschen Bucht), kann diese Annäherung zu einer geringfügigen Überbewertung der Eisparameter führen.

Für die Kartendarstellung im Atlas wurden die 2' x 4' Daten auf ein achtmal feineres Gitter interpoliert. Bei der Interpolation variierte die Gewichtung der einzelnen Datenpunkte linear von 1 am Punkt selber zu 0 an den anderen Datenpunkten. Linien, die Küsten und Inseln darstellten, wurden bei der Interpolation nicht gekreuzt, d. h. der Wert eines Punktes auf einer Seite einer Linie wurde nur mit Hilfe von Datenpunkten berechnet, die auf der gleichen Seite sind. Einige manuelle Korrekturen von Datenpunkten und Küstenlinien mussten durchgeführt werden, um zu vermeiden, dass z. B. Daten von den inneren Küstengewässern nicht irrtümlich verwendet werden, um Punkte im Seebereich zu interpolieren und umgekehrt.

Sobald die Daten vollständig vorlagen, war die Berechnung der statistischen Angaben (Häufigkeit des Eisauftretens, mittlerer Bedeckungsgrad, mittlere Eisdicke, etc.) unkompliziert. Aber bei der Interpretation der Ergebnisse sollte man die unten angegebenen Punkte beachten:

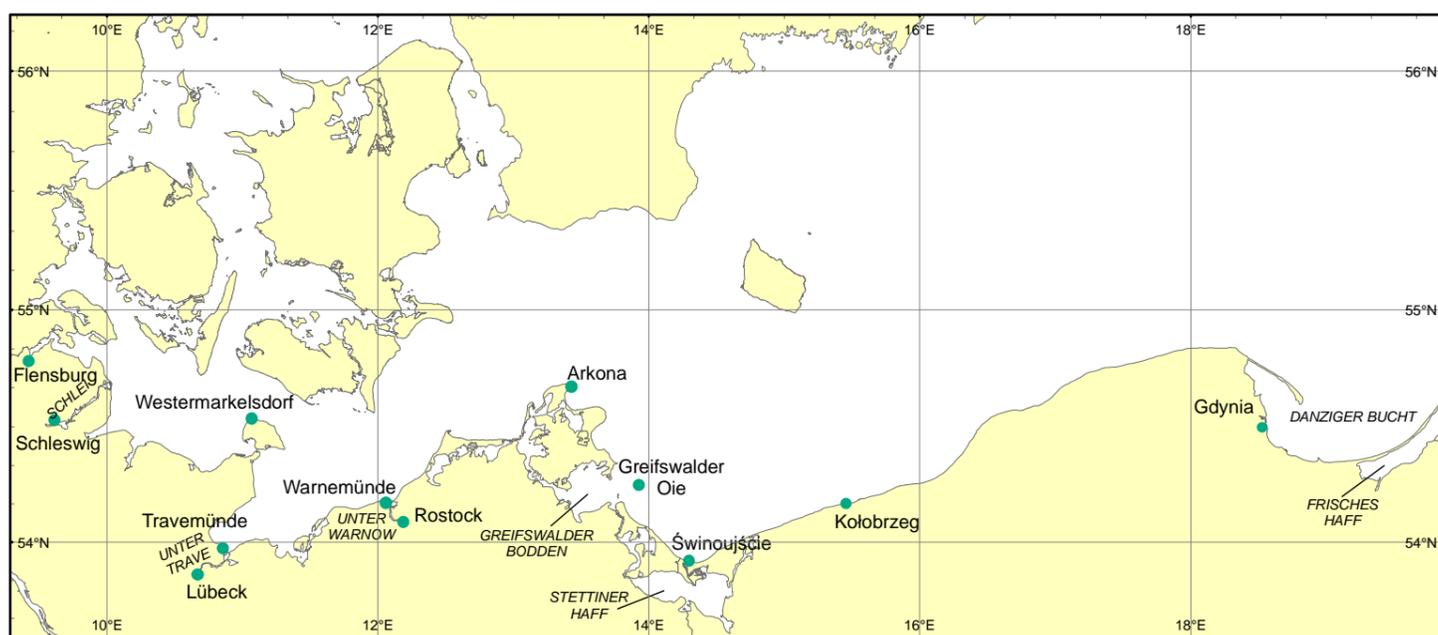
- Die Länge der Eissaison (Differenz zwischen dem ersten und dem letzten Tag des Eisauftretens) ist immer gleich oder größer als die Anzahl der Tage mit Eis, weil eisfreie Tage in diesem Zeitraum vorkommen können. Je dichter die beiden Parameter beieinander liegen, desto weniger Unterbrechungen gab es im Eiswinter und desto kontinuierlicher war die Eisentwicklung.
- Die Karten der Mittelwerte des Bedeckungsgrades und der Eisdicke für Winter mit Eisauftreten, können auf ersten Blick unrealistisch aussehen, weil im Seebereich öfters größere Werte als an der Außenküste oder in den inneren Küstengewässern vorkommen. Jedoch wird dieses Verhalten durch ein einfaches Beispiel leicht erklärt: In einem extrem starken oder sehr starken Eiswinter sind die Küstengewässer und der Seebereich zu 100 % eisbedeckt. Wenn es der einzige Winter mit Eisauftreten auf See war, ist das Mittel dieses einzelnen Wertes natürlich auch gleich 100 %. In den Küstengewässern, in denen Eis in weiteren Wintern, aber mit einer Bedeckung unter 100 %, auftrat, wird auch der Mittelwert kleiner als 100 % sein.

Für eine grobe Fehlerabschätzung des Eisbedeckungsgrades und der Eisdicke wurden die Daten der deutschen und polnischen Karten an Punkten mit Eiskonzentration über 0 % verglichen (über 0 % , weil gleich 0 % „eisfrei“, sowie auch „keine Daten“ bedeuten kann). Einige der gefundenen Unterschiede resultieren aus der verwendeten zeitlichen Interpolation. Der Fehler hängt auch vom Wert selbst ab: Fehler für die niedrigen und hohen Werte sind im Allgemeinen kleiner als in unmittelbarer Nähe des Wertes. Beide Parameter haben außerdem nicht kontinuierliche Werte, und die Daten und die Differenzen sind nicht normalverteilt. Dennoch verwenden wir zur groben Fehlereinschätzung für den vollständigen Datensatz die Gauß'sche Normalverteilung. Die deutschen Mittelwerte für den Bedeckungsgrad sind ungefähr 0,03 höher und die polnischen, für die Eisdicke ungefähr 5 cm größer. Etwa 60 % aller Werte unterscheiden sich maximal um 0,1 in der Bedeckung, und bei der Dicke zeigen etwa 50 % der Werte Unterschiede kleiner als 10 cm. Die Standardabweichung ist $\pm 0,24$ für den Eisbedeckungsgrad und ± 14 cm für die Eisdicke. Obwohl die einzelnen Fehler ziemlich hoch sind, ist der Fehler im 50-jährigen Mittelwert geringer, da wir mehrere Zeiten kombinieren. So ist der Fehler nur noch 0,03 für den Bedeckungsgrad und 2 cm für die Eisdicke. Die entsprechenden Fehler in den 30-jährigen Zeiträumen sind 0,04 und 3 cm. Betrachten wir nur die Winter mit Eis, so sind die Fehler in den Mittelwerten etwas größer, da weniger Einzelwerte einfließen. Solange die Häufigkeit des Eisauftretens aber nicht sehr klein ist, ist der mittlere Fehler kleiner als 0,1 bzw. 6 cm. Alles zusammenfassend sind die Fehler kleiner, oder höchstens gleich groß, als die Abstufungen der in den Karten verwendeten Farbkodierung.

Übersichtskarte mit der Lage der analysierten Küstenabschnitte an den deutschen und polnischen Küsten

Innere Flensburger Förde
 Innere Schlei, Schleswig – Kappeln
 Westermarkelsdorf, Seegebiet
 Untertrave, Lübeck – Travemünde
 Unterwarnow, Rostock – Warnemünde
 Arkona, Seegebiet
 Greifswalder Bodden
 Greifswalder Oie, Seegebiet
 Stettiner Haff, deutsche Stationen (West)

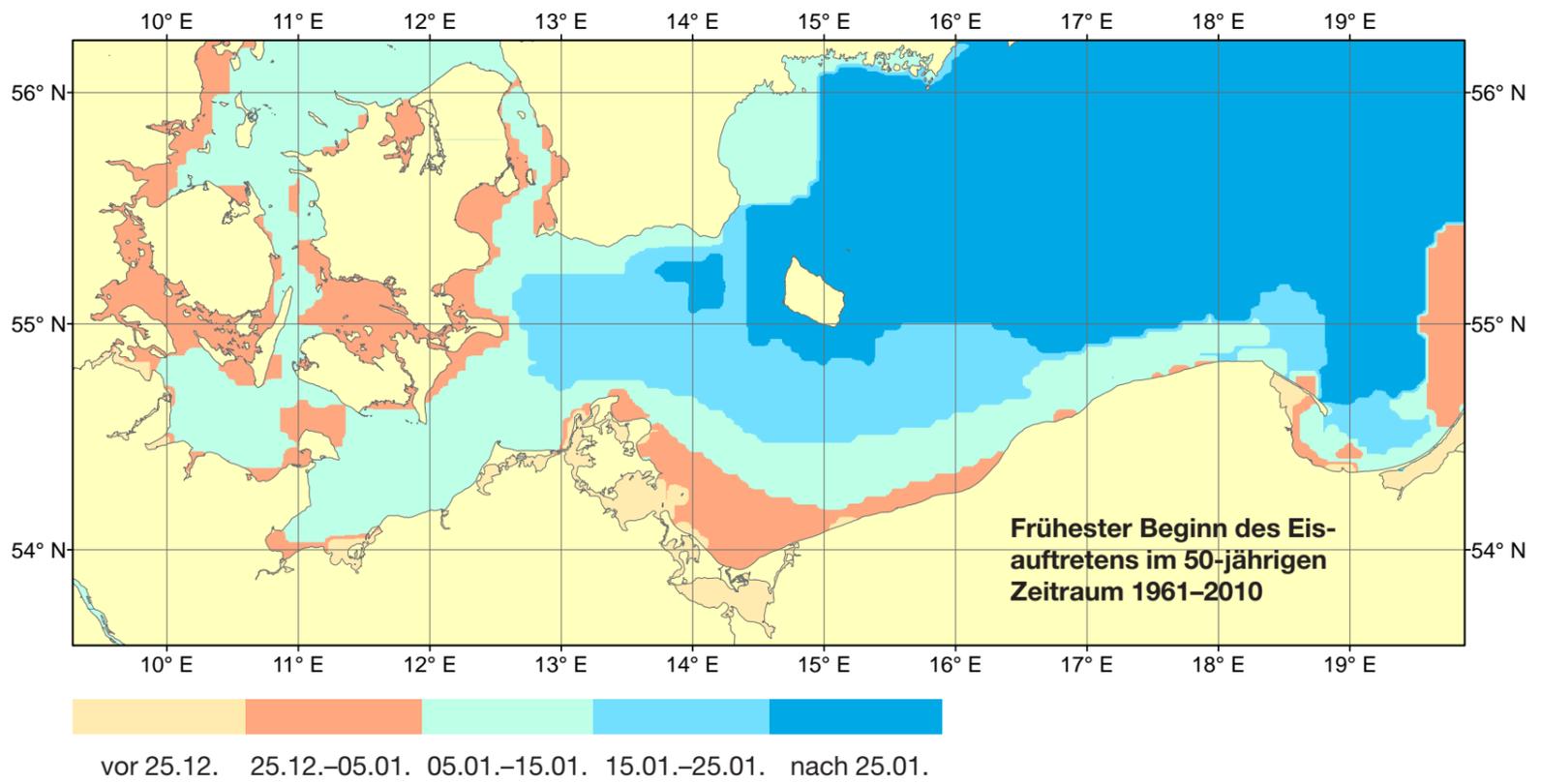
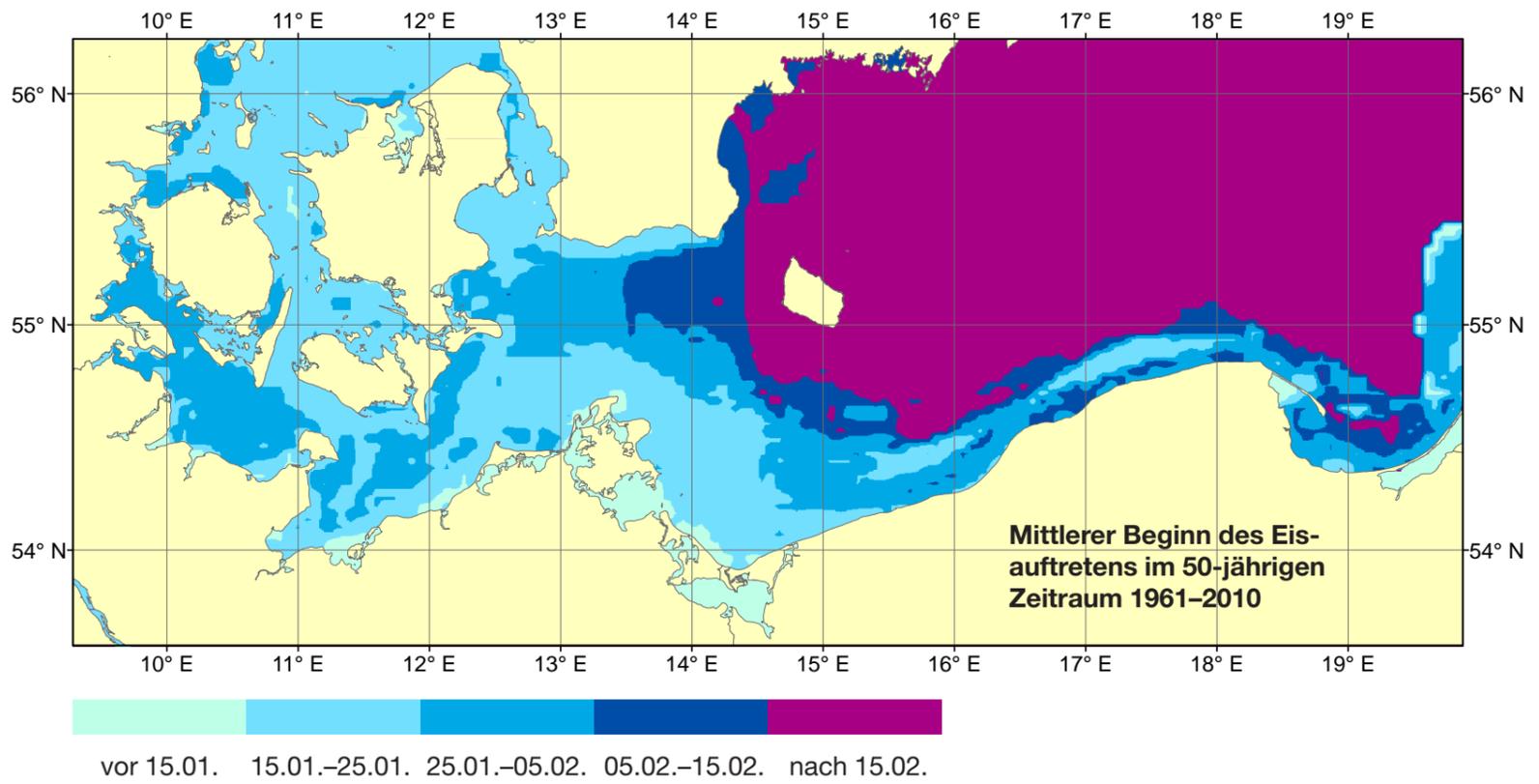
Stettiner Haff, polnische Stationen (Ost)
 Świnoujście, Seegebiet
 Kołobrzeg, Seegebiet
 Gdynia, Zatoka Gdańska
 Frisches Haff



Bitte beachten:

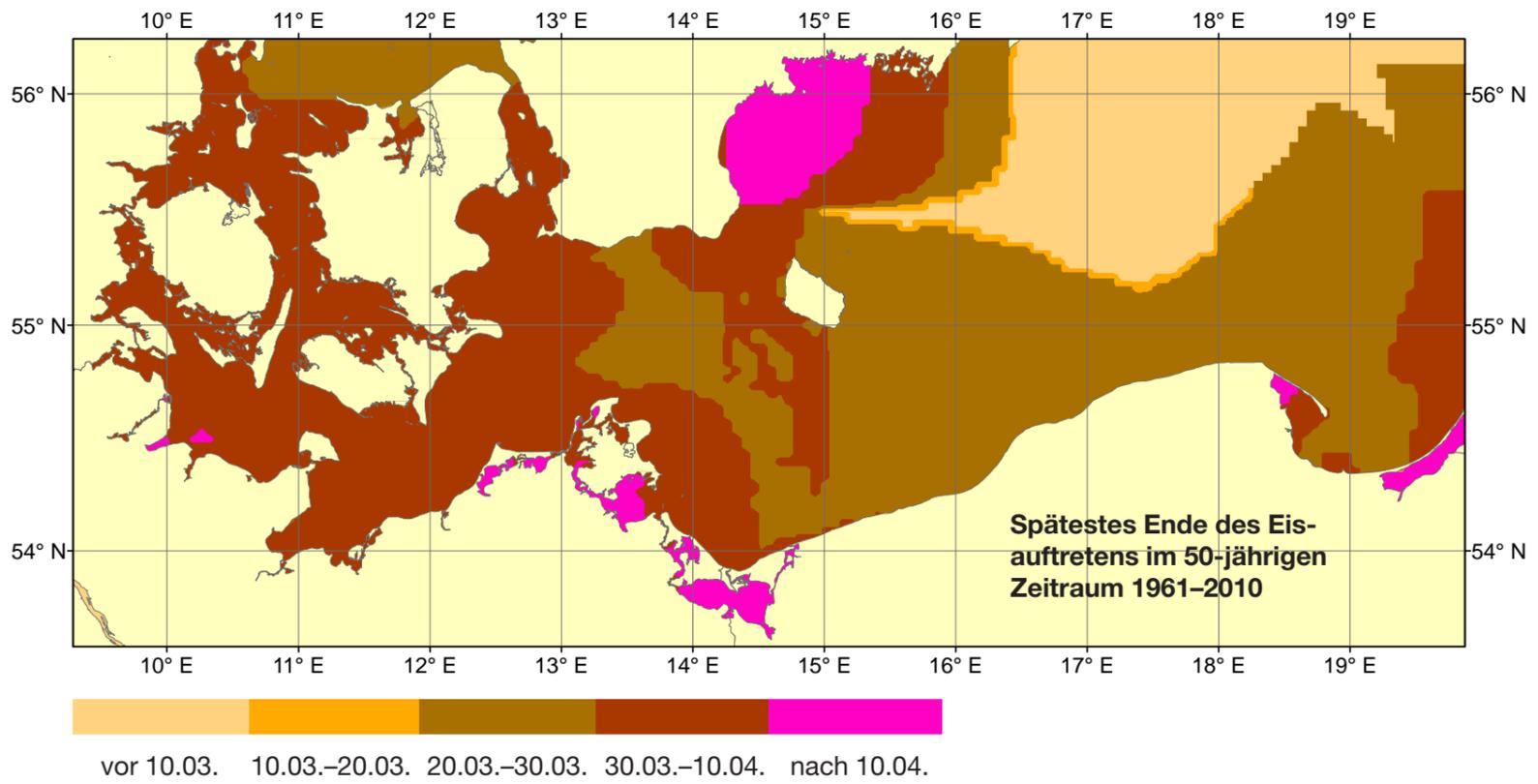
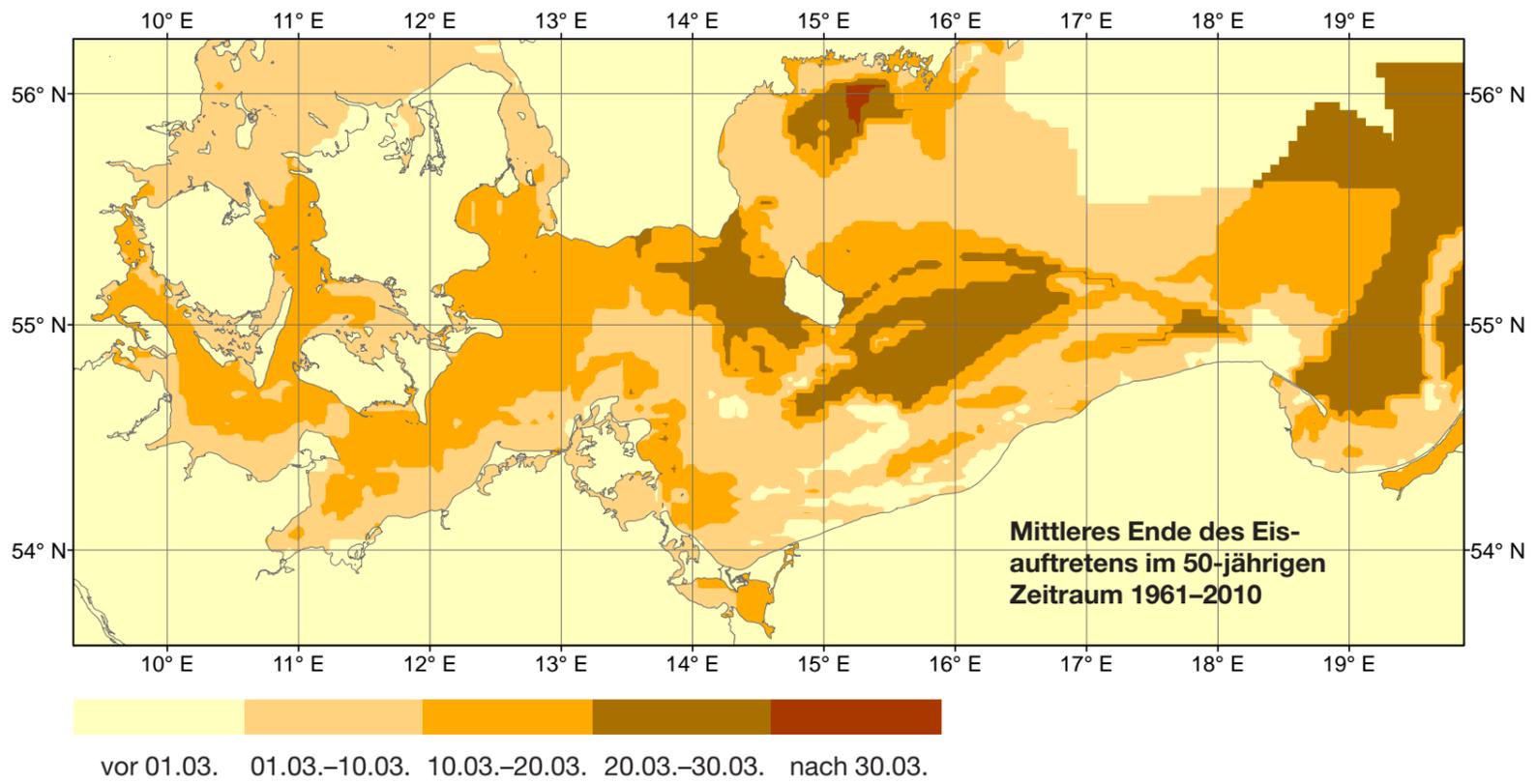
- 1) Datenmaterial im nordöstlichen Teil ist nicht so gut wie in den anderen Bereichen.
- 2) Statistische Angaben nur für die Winter mit Eisaufreten sollen immer zusammen mit der Häufigkeit des Eisaufretens interpretiert werden.
- 3) Tägliche Daten von den Beobachtungsstationen, die im Gegensatz zu den Eiskarten den tatsächlichen Beginn und das tatsächliche Ende des Eisaufretens enthalten, waren nur für die deutsche Küste verfügbar.

Beginn des Eisauftretens



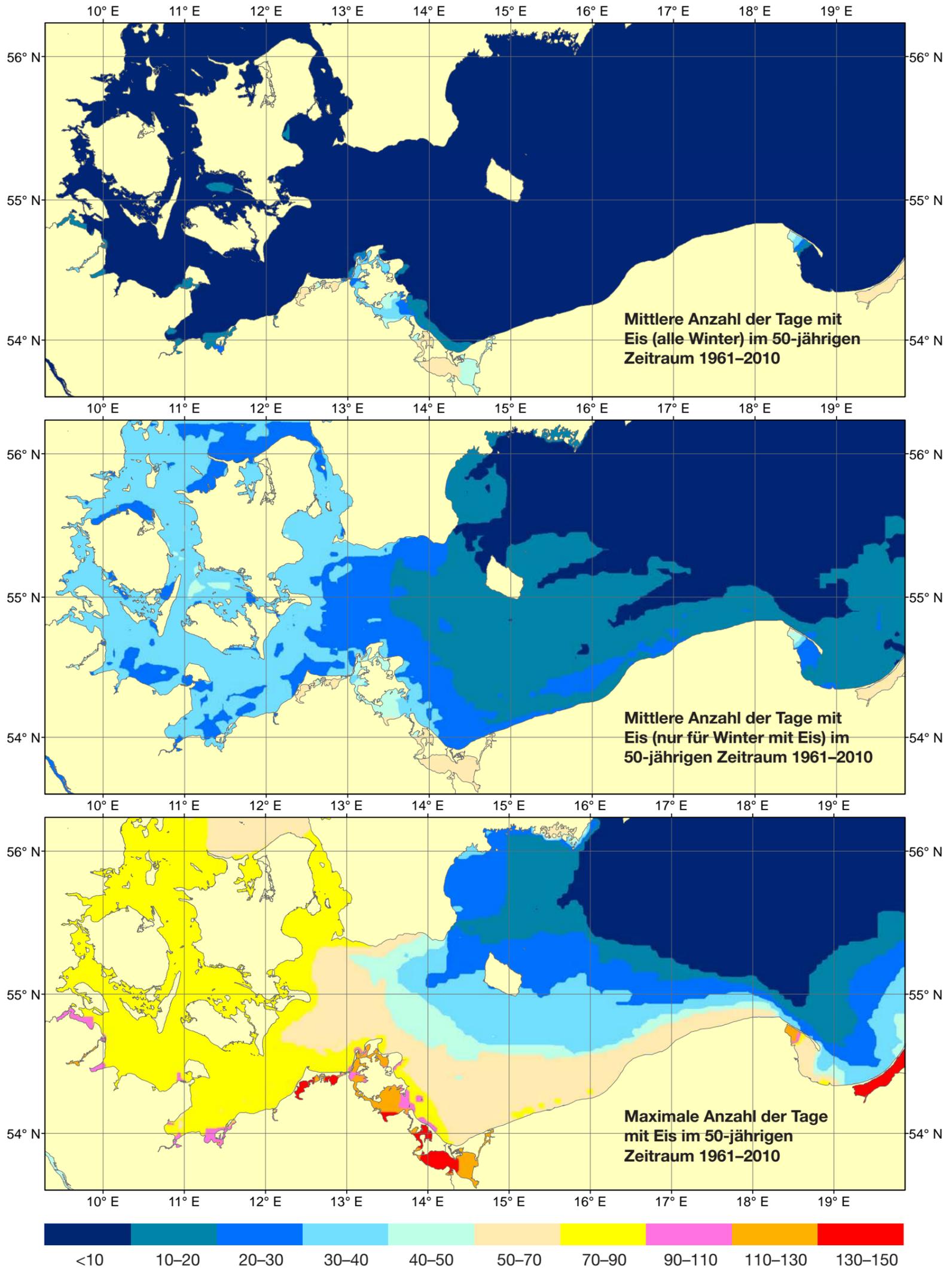
1961–2010	Flensburg	Innere Schlei	Westermarkelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West/Ost	Świnoujście, See	Kołobrzeg See	Gdynia	Frisches Haff
Mittlerer Beginn	23.01.	30.12.	23.01.	05.01.	04.01.	10.01.	10.01.	04.01.	20.12./26.12.	11.01.	19.01.	17.01.	09.12.
Frühester Beginn	21.12.	18.11.	05.01.	04.12.	10.12.	28.12.	13.12.	29.11.	18.11./23.11.	16.12.	24.12.	22.12.	13.11.

Ende des Eisauftretens



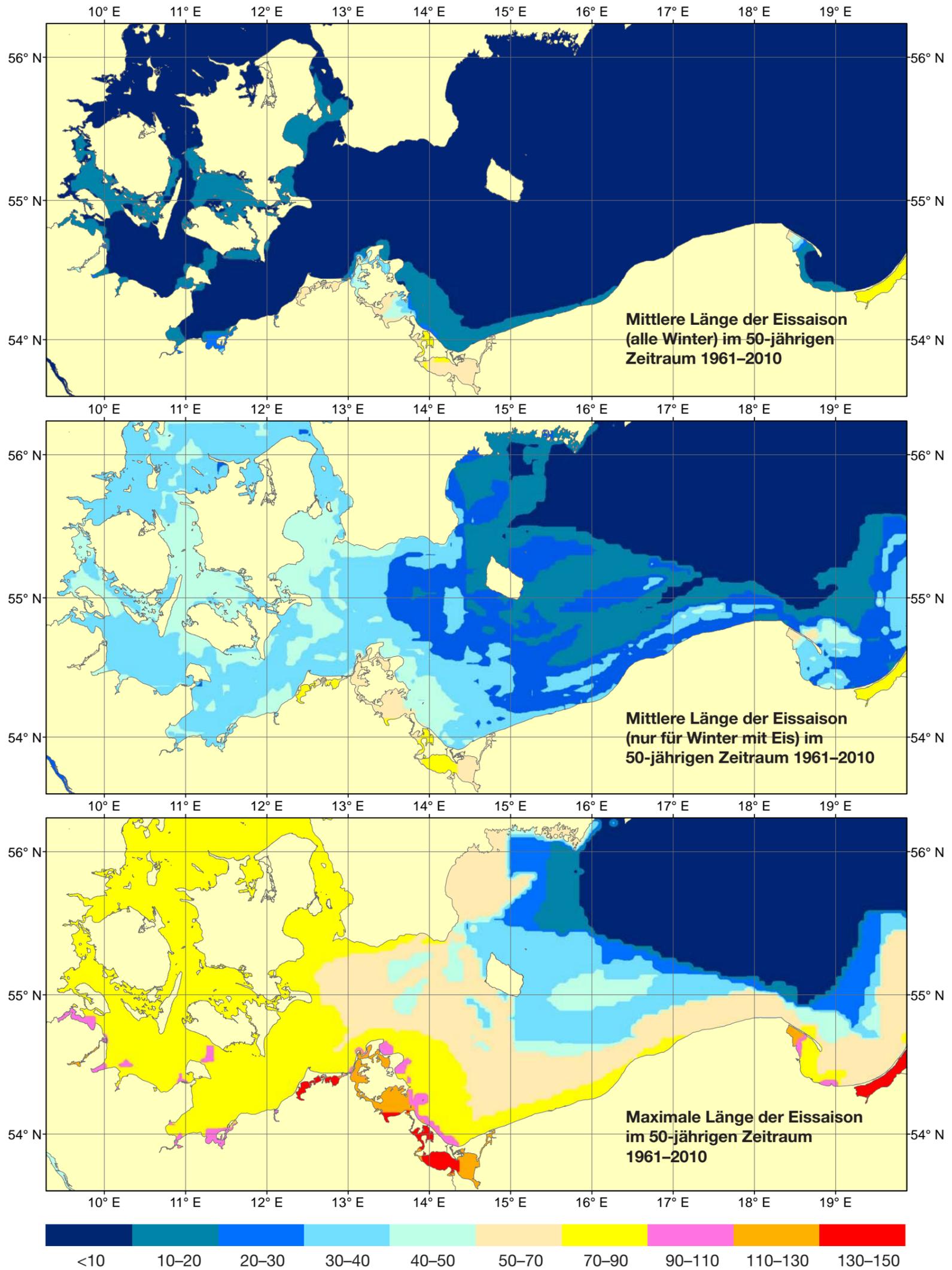
1961–2010	Flensburg	Innere Schlei	Westermarkelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West/Ost	Świnoujście, See	Kołobrzeg See	Gdynia	Frisches Haff
Mittleres Ende	27.02.	28.02.	10.03.	22.02.	22.02.	07.03.	28.02.	09.03.	09.03./13.03.	23.02.	24.02.	06.03.	14.03.
Spätestes Ende	04.04.	02.04.	01.04.	06.04.	24.03.	30.03.	03.04.	14.04.	19.04./16.04.	05.04.	05.04.	07.04.	19.04.

Anzahl der Tage mit Eis



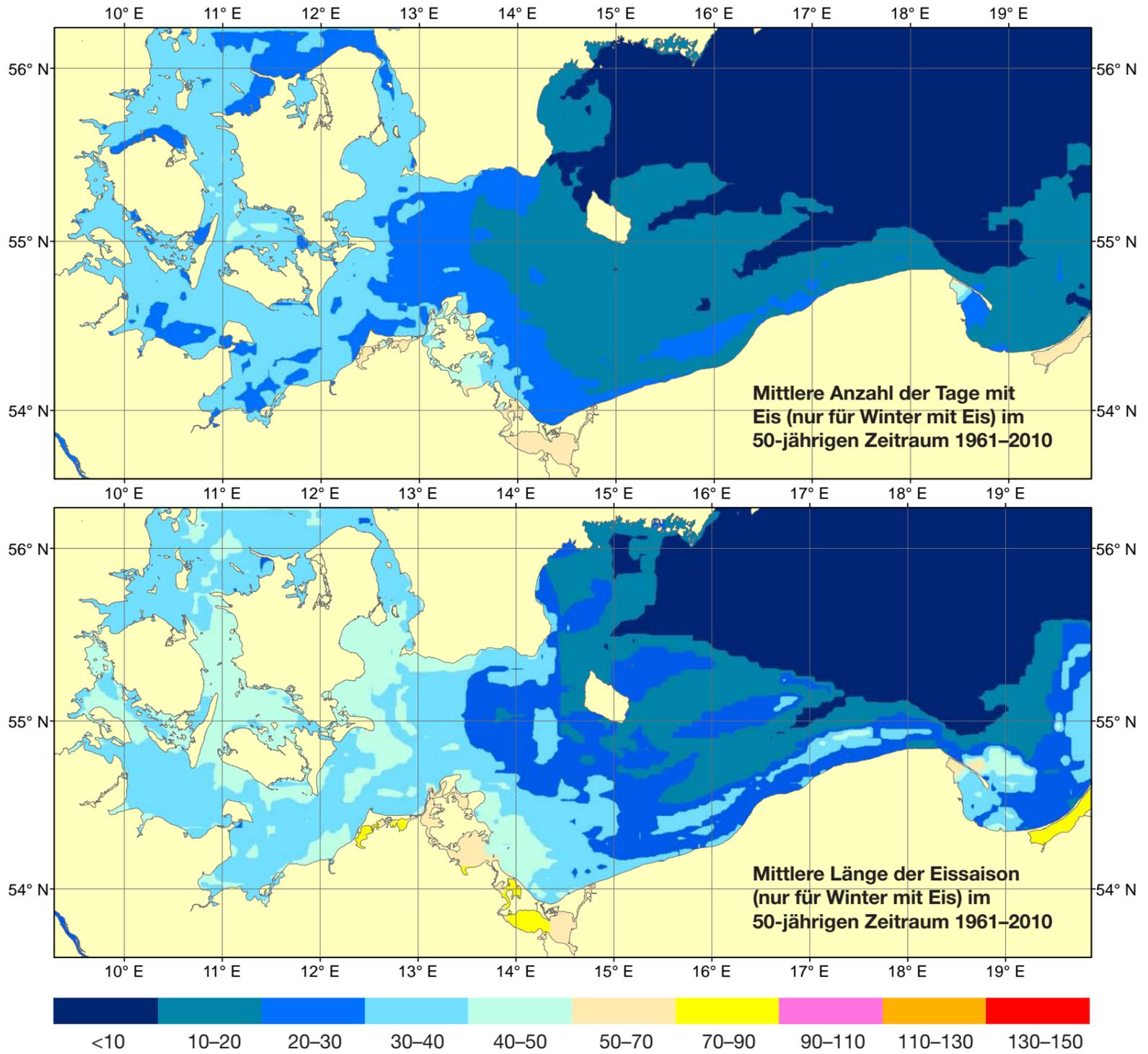
1961–2010	Flensburg	Innere Schlei	Westermarkelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West/Ost	Świnoujście, See	Kolobrzeg See	Gdynia	Frisches Haff
Mittel (alle)	16	37	9	17	20	9	16	35	59/52	18	9	12	83
Mittel (Eis)	33	41	33	25	26	28	34	45	60/61	27	19	24	83
Max. Tage	96	116	84	98	89	66	93	119	133/122	105	95	80	146

Länge der Eissaison



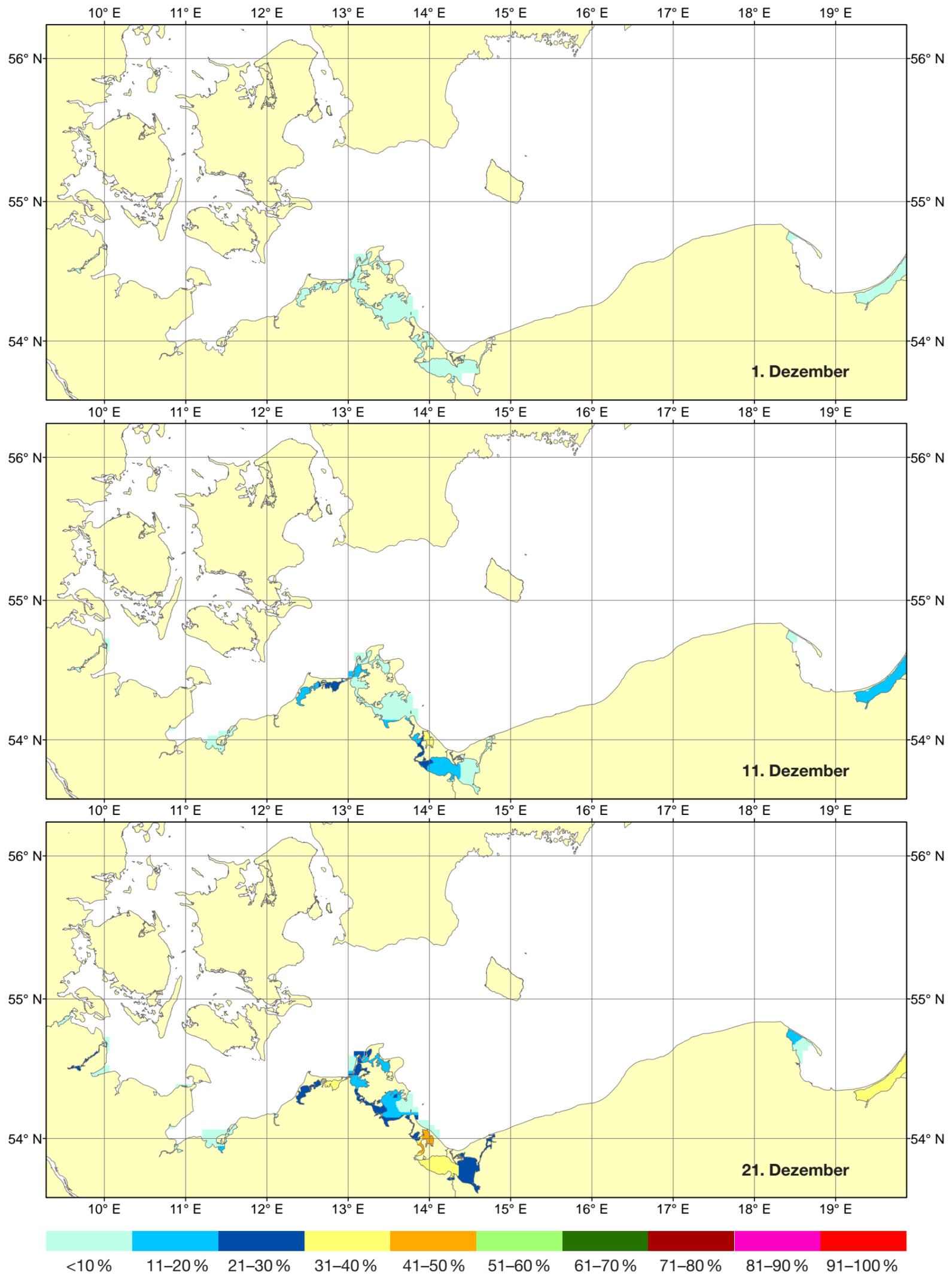
1961–2010	Flensburg	Innere Schlei	Westermarkelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
Mittel (alle)	20	50	10	25	32	13	22	45	68
Mittel (Eis)	40	55	40	36	39	42	45	58	69
Max. Tage	96	116	84	104	100	80	94	123	133

Anzahl der Tage mit Eis und Länge der Eissaison (nur für Winter mit Eis)



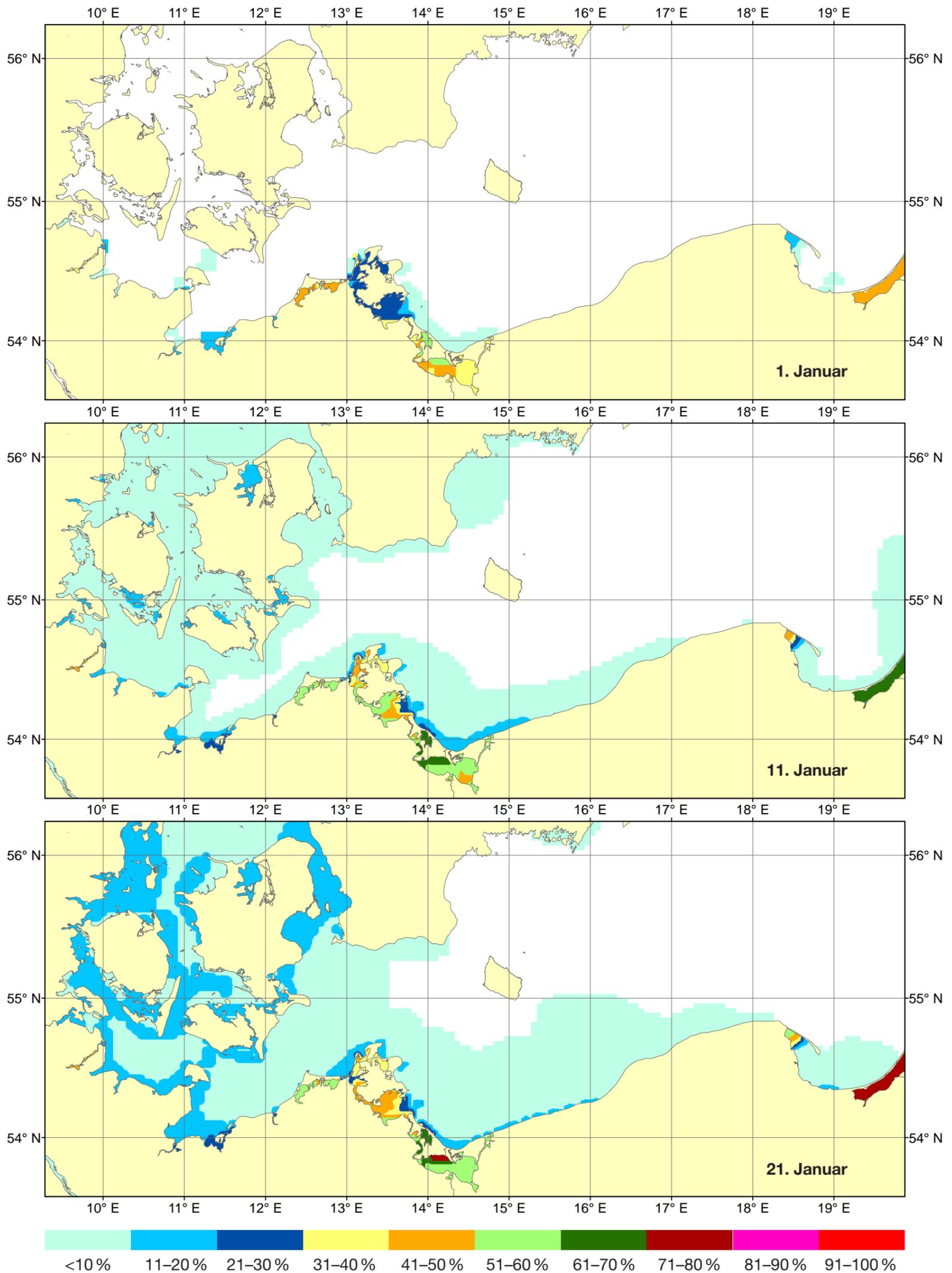
1961–2010	Flensburg	Innere Schlei	Westermarkelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
Mittlere Tage mit Eis	33	41	33	25	26	28	34	45	60
Mittlere Länge der Eissaison	40	55	40	36	39	42	45	58	69

Häufigkeit des Eisauftretens



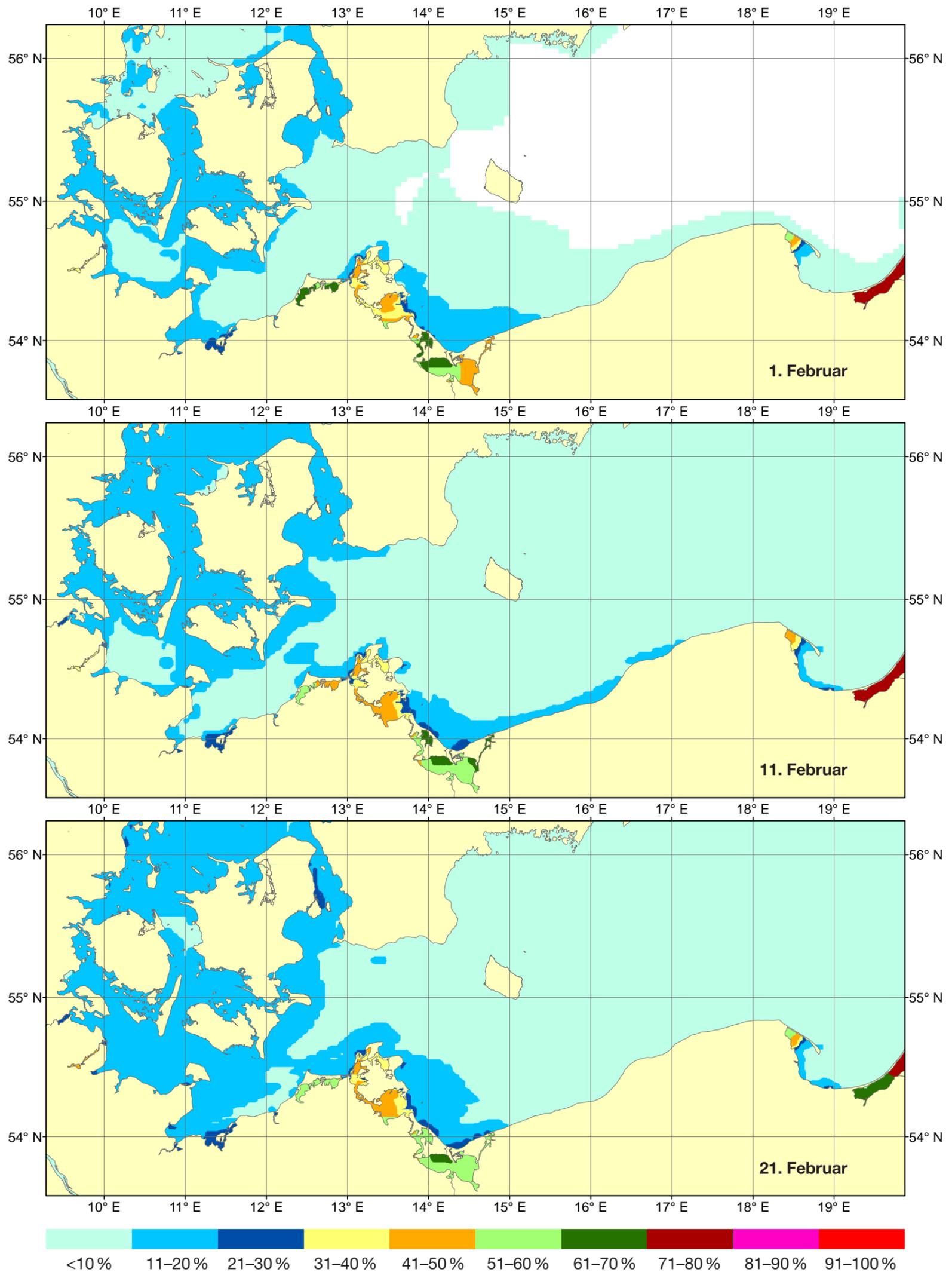
1961–2010 Relative Häufigkeit %	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.12.	0	4	0	0	0	0	0	2	8
11.12.	0	8	0	0	4	0	0	4	20
21.12.	2	22	0	2	8	0	2	14	36

Häufigkeit des Eisauftritts



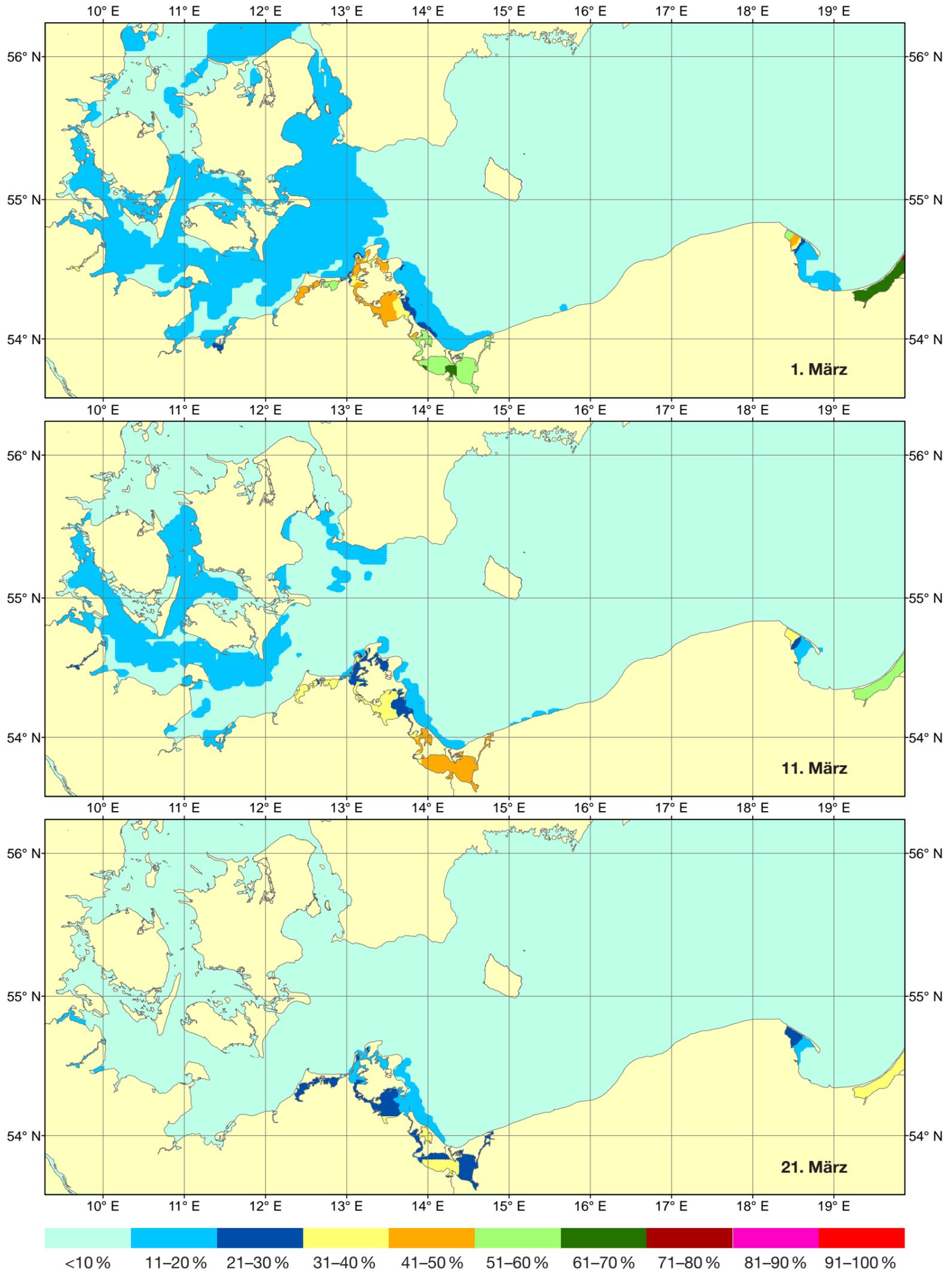
1961–2010 Relative Häufigkeit %	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.01.	2	40	0	14	14	0	8	22	54
11.01.	20	50	4	30	34	6	24	44	60
21.01.	16	42	6	28	30	12	20	40	68

Häufigkeit des Eisauftritts



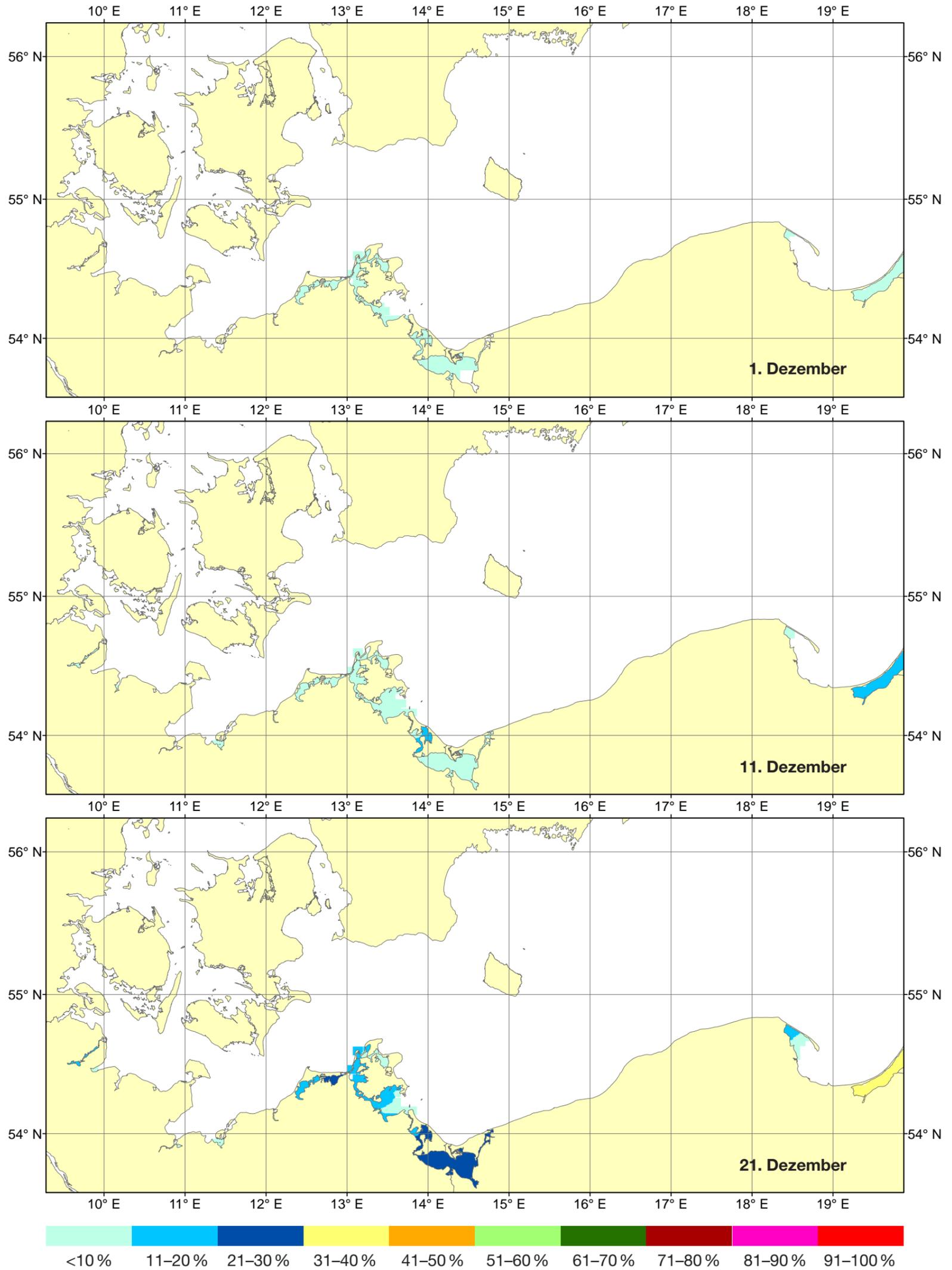
1961–2010 Relative Häufigkeit %	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.02.	20	40	14	22	20	16	24	36	66
11.02.	22	36	16	20	24	12	26	42	60
21.02.	28	44	16	28	24	16	28	42	58

Häufigkeit des Eisauftretens

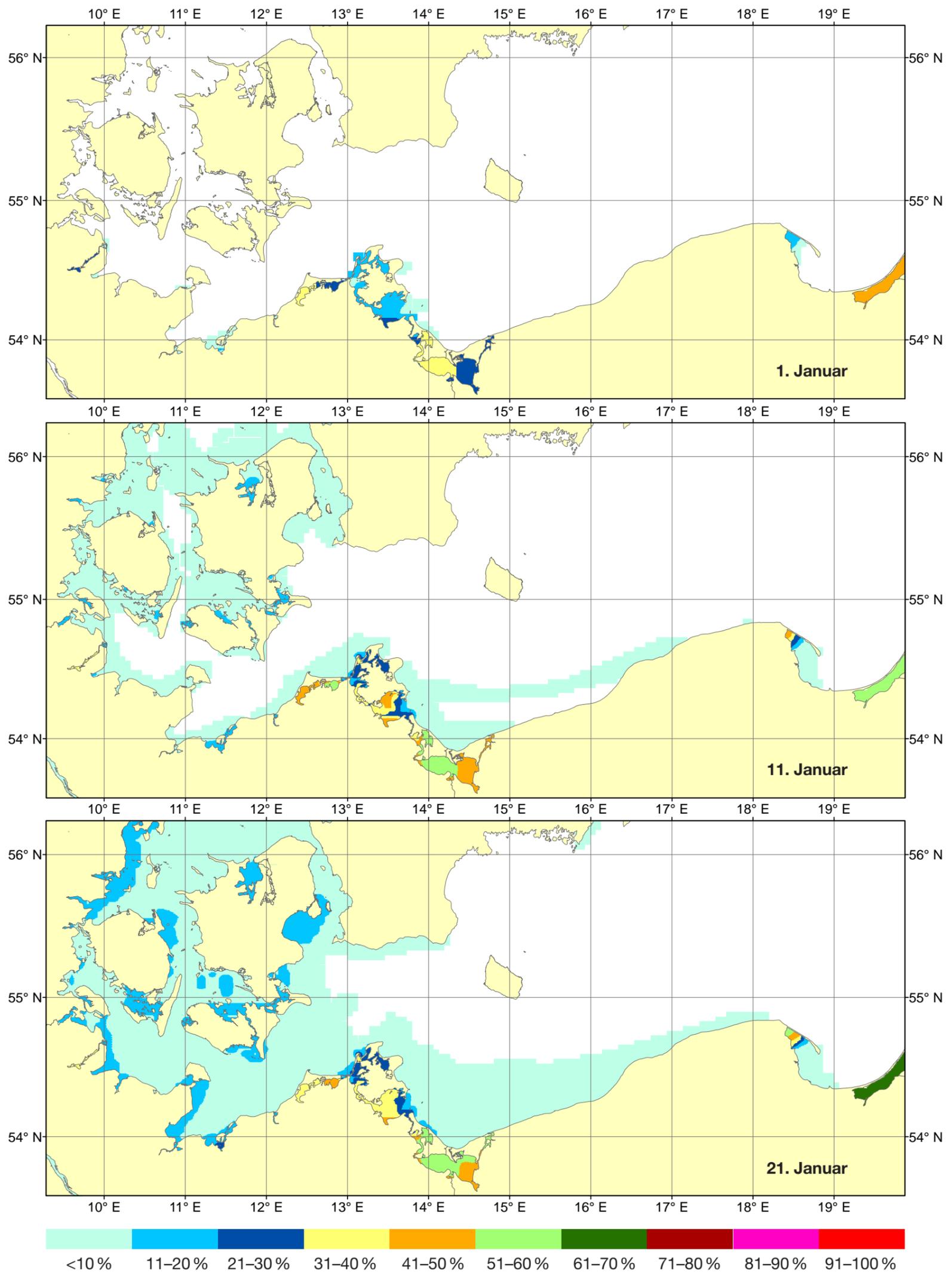


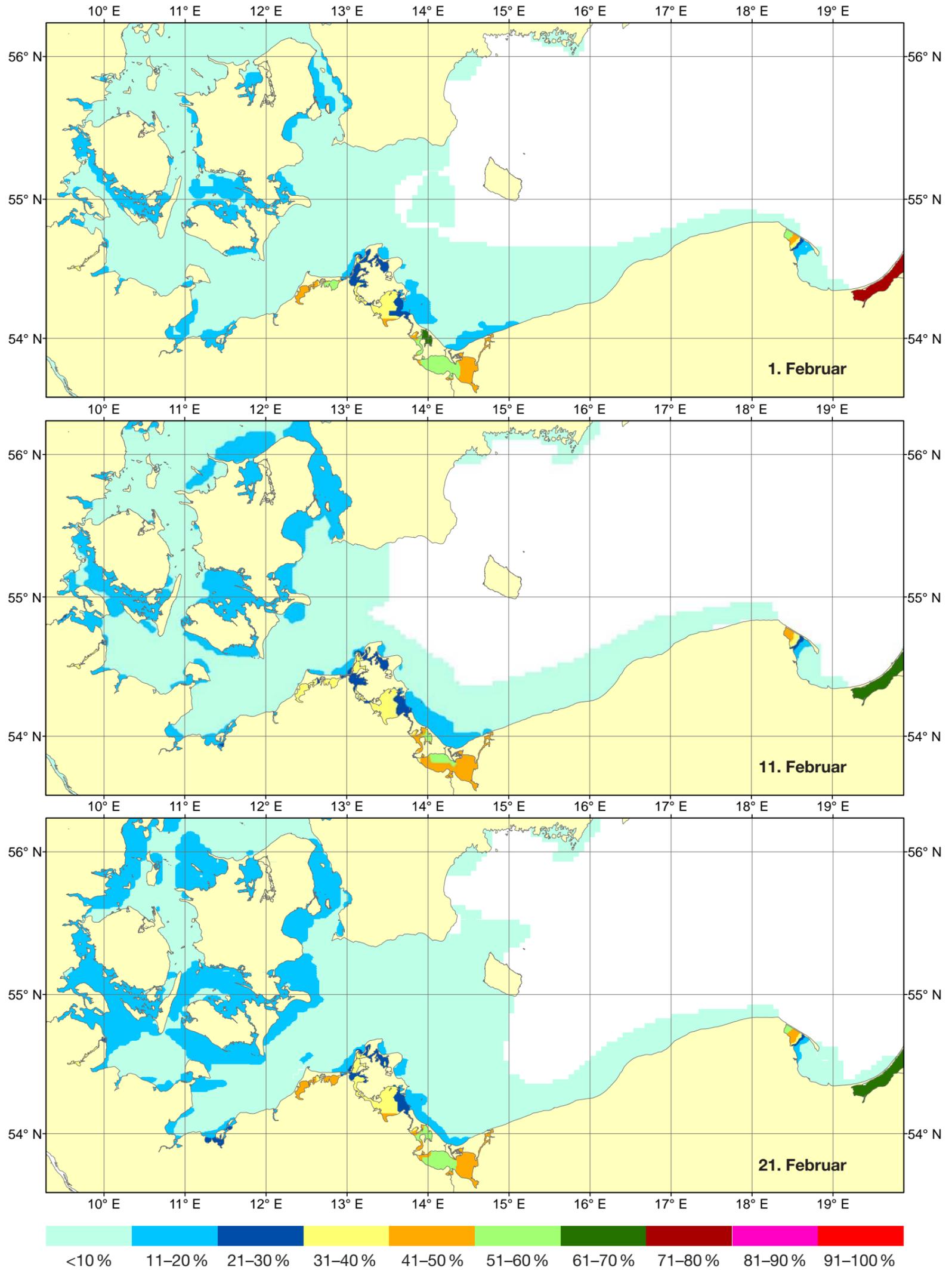
1961-2010 Relative Häufigkeit %	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.03.	18	38	12	14	18	16	18	42	48
11.03.	16	26	10	8	10	10	12	32	40
21.03.	14	14	6	2	2	6	10	24	26

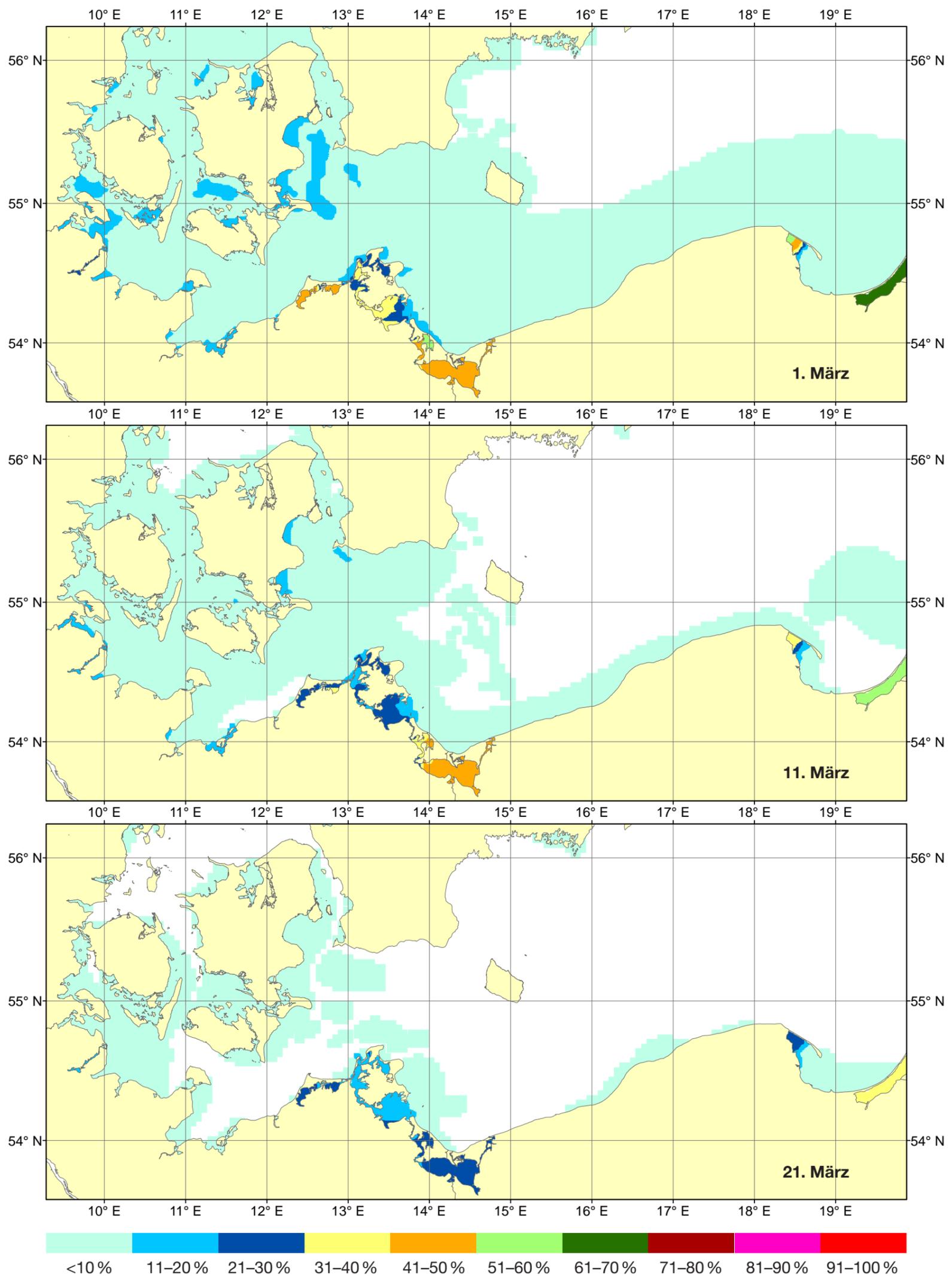
Häufigkeit des Eisauftretens (Bedeckungsgrad > 7/10)

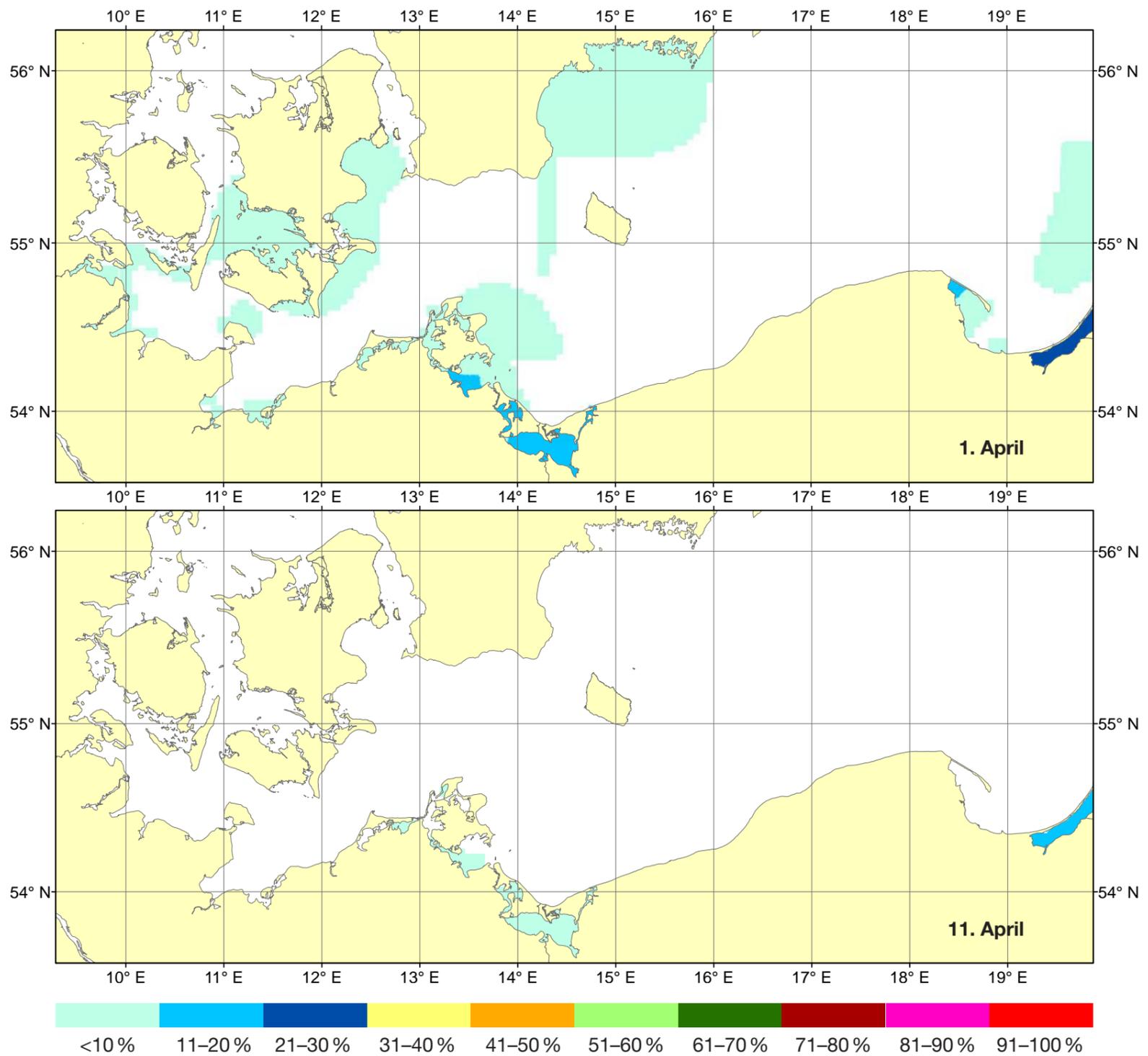


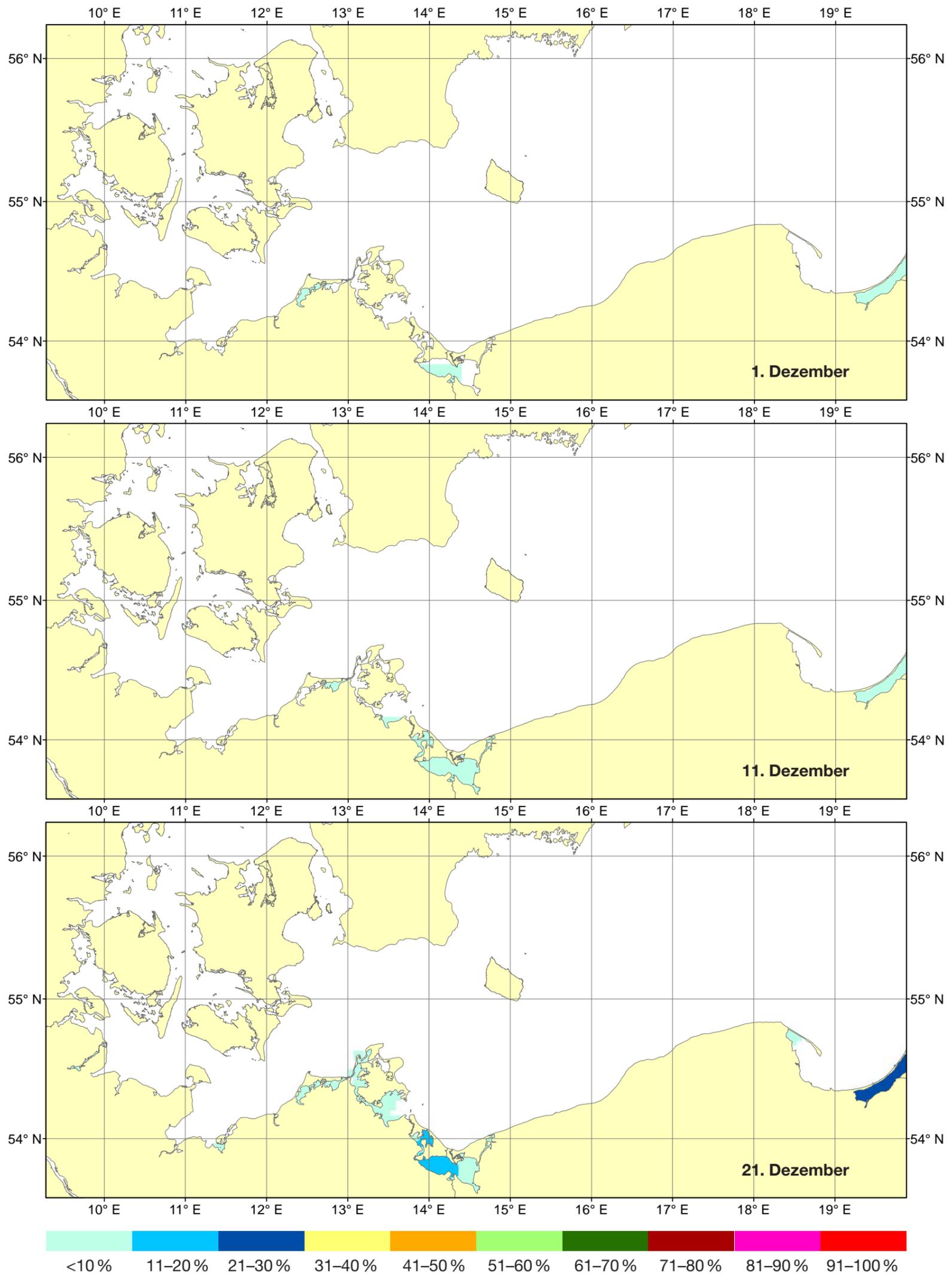
Häufigkeit des Eisaufretens (Bedeckungsgrad > 7/10)



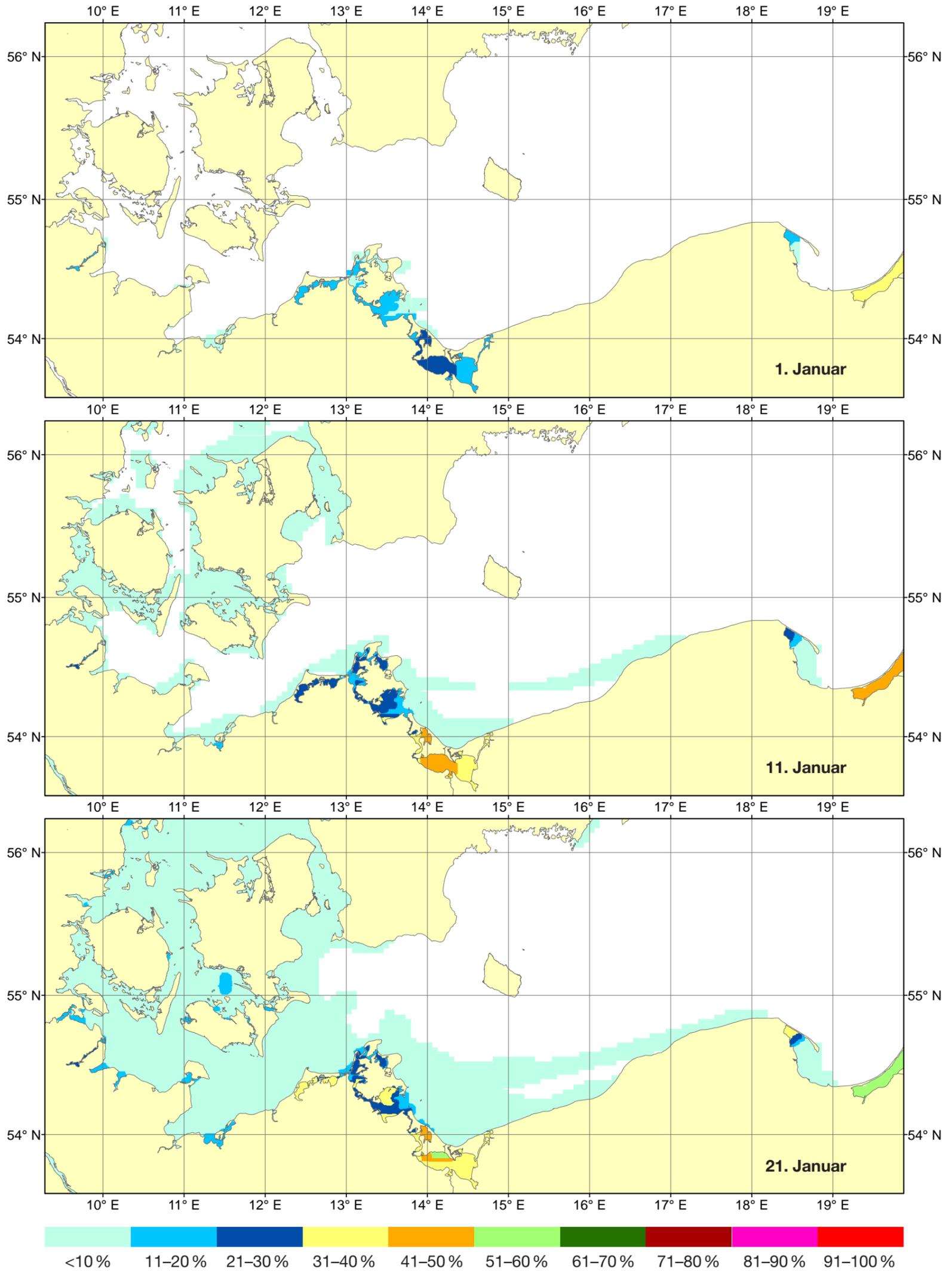
Häufigkeit des Eisauftritts (Bedeckungsgrad > 7/10)

Häufigkeit des Eisauftretens (Bedeckungsgrad > 7/10)

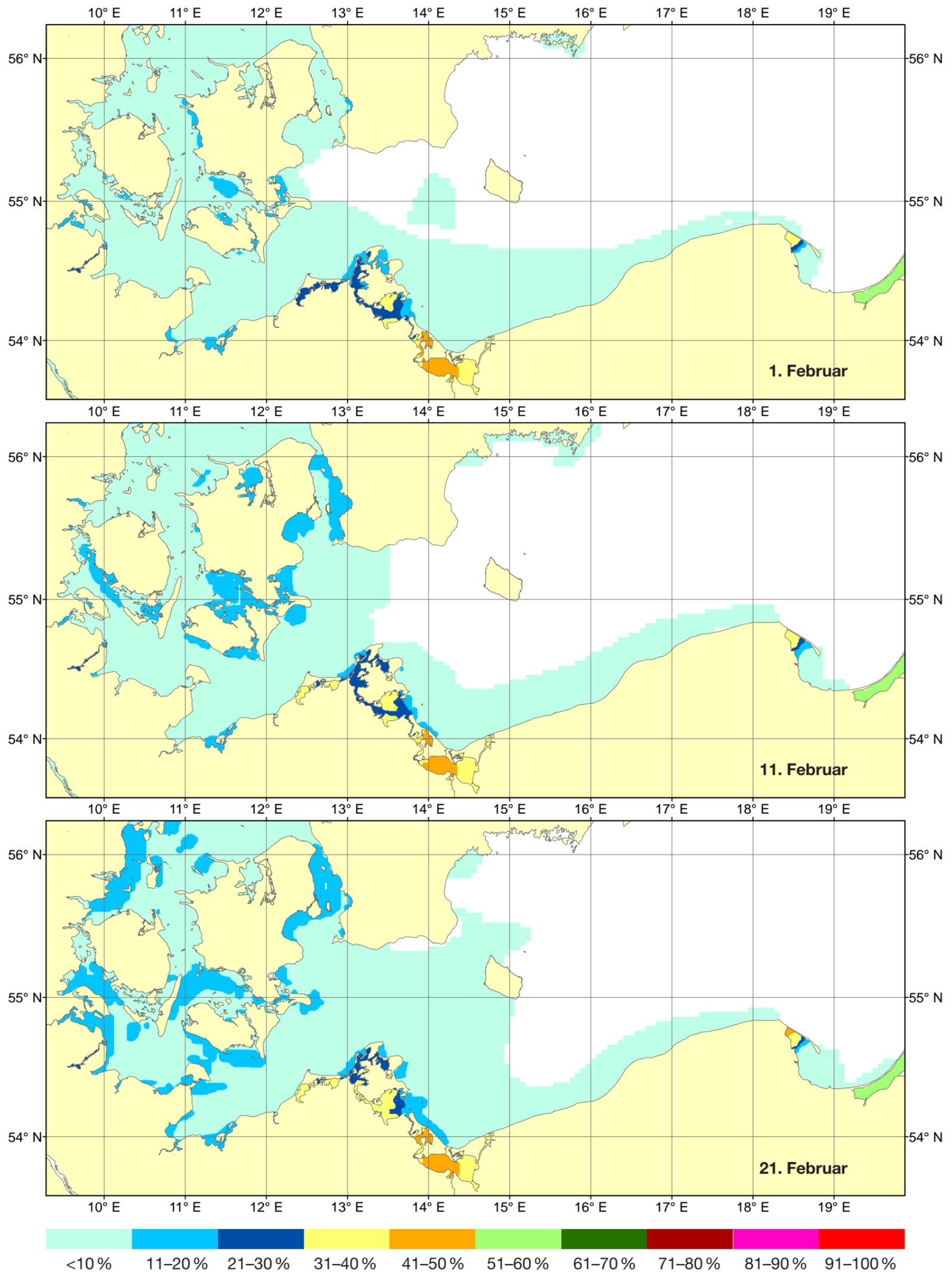
Häufigkeit des Eisauftrittens (Bedeckungsgrad > 7/10)

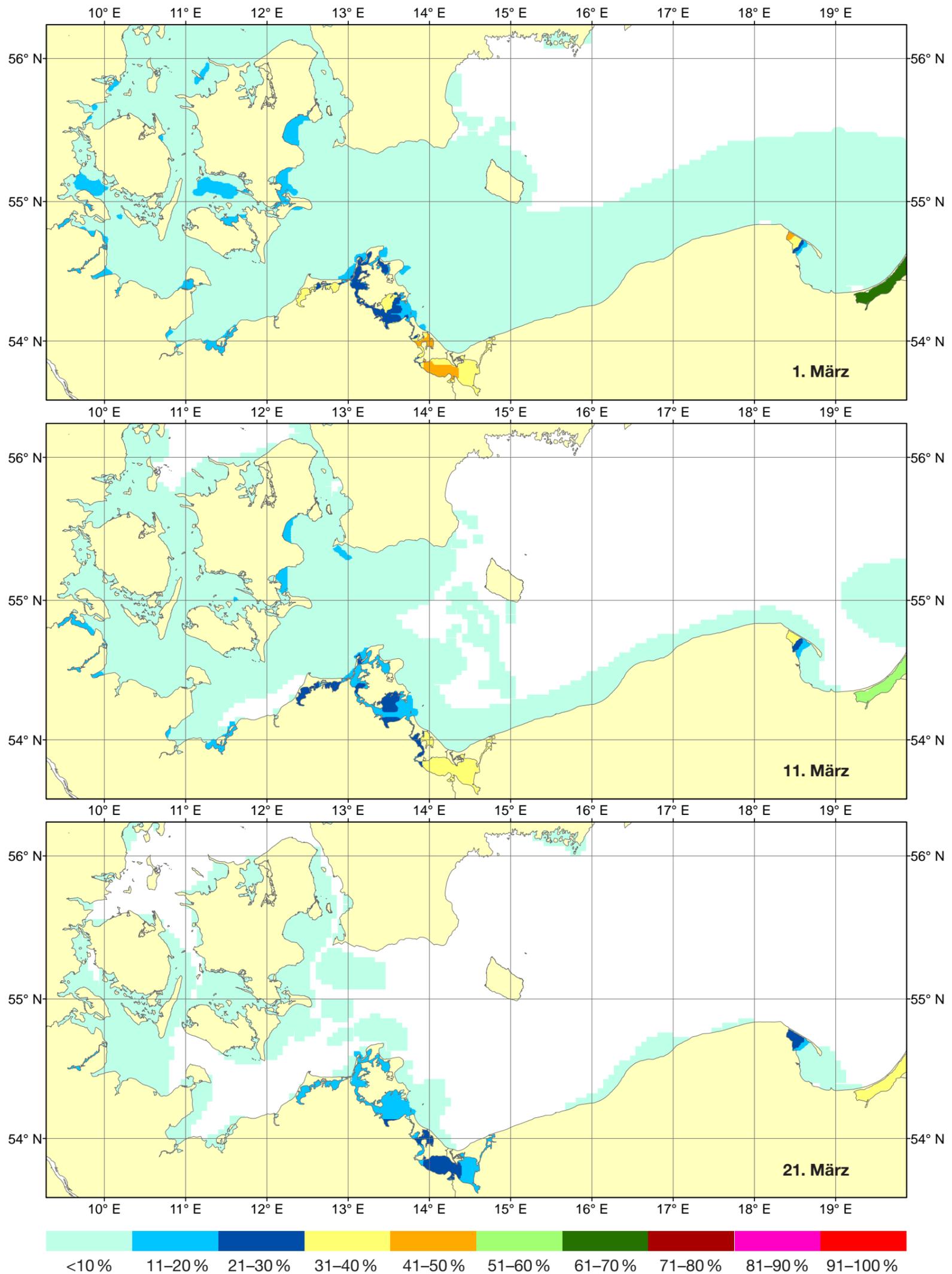
Häufigkeit des Eisauftretens (Bedeckungsgrad > 7/10, Eisdicke > 10 cm)

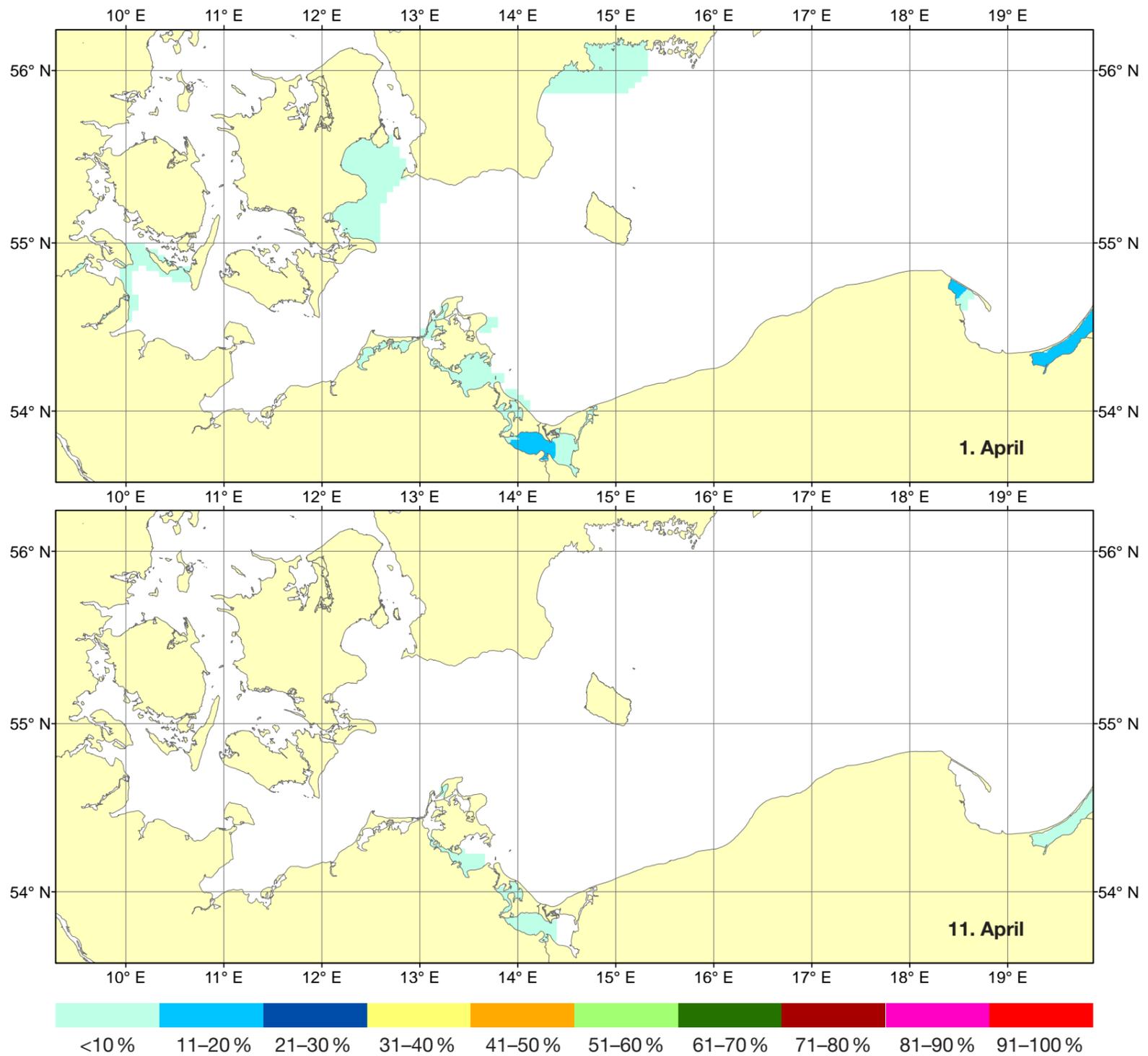
Häufigkeit des Eisauftretens (Bedeckungsgrad > 7/10, Eisdicke > 10 cm)



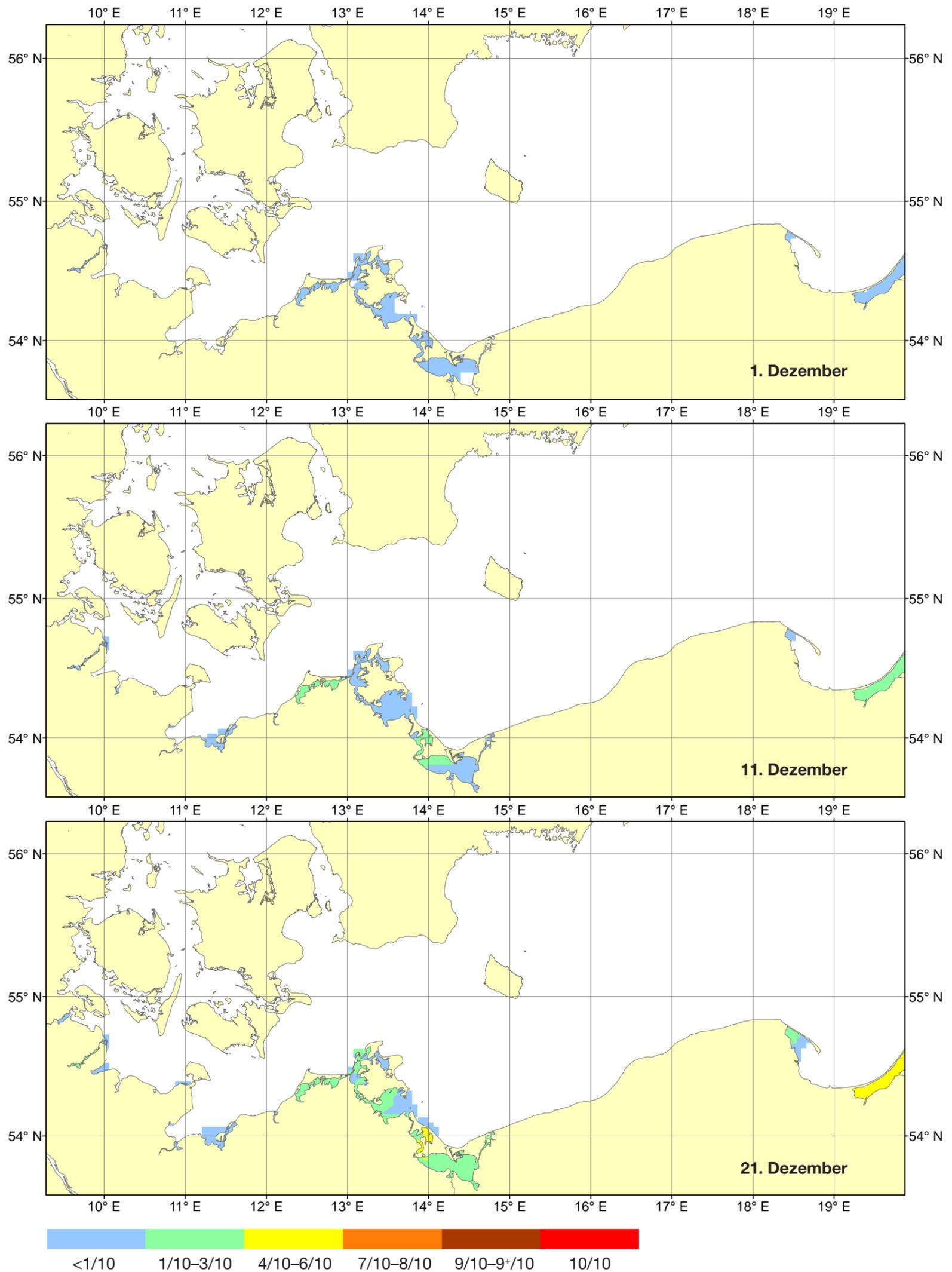
Häufigkeit des Eisauftretens (Bedeckungsgrad > 7/10, Eisdicke > 10 cm)



Häufigkeit des Eisauftretens (Bedeckungsgrad > 7/10, Eisdicke > 10 cm)

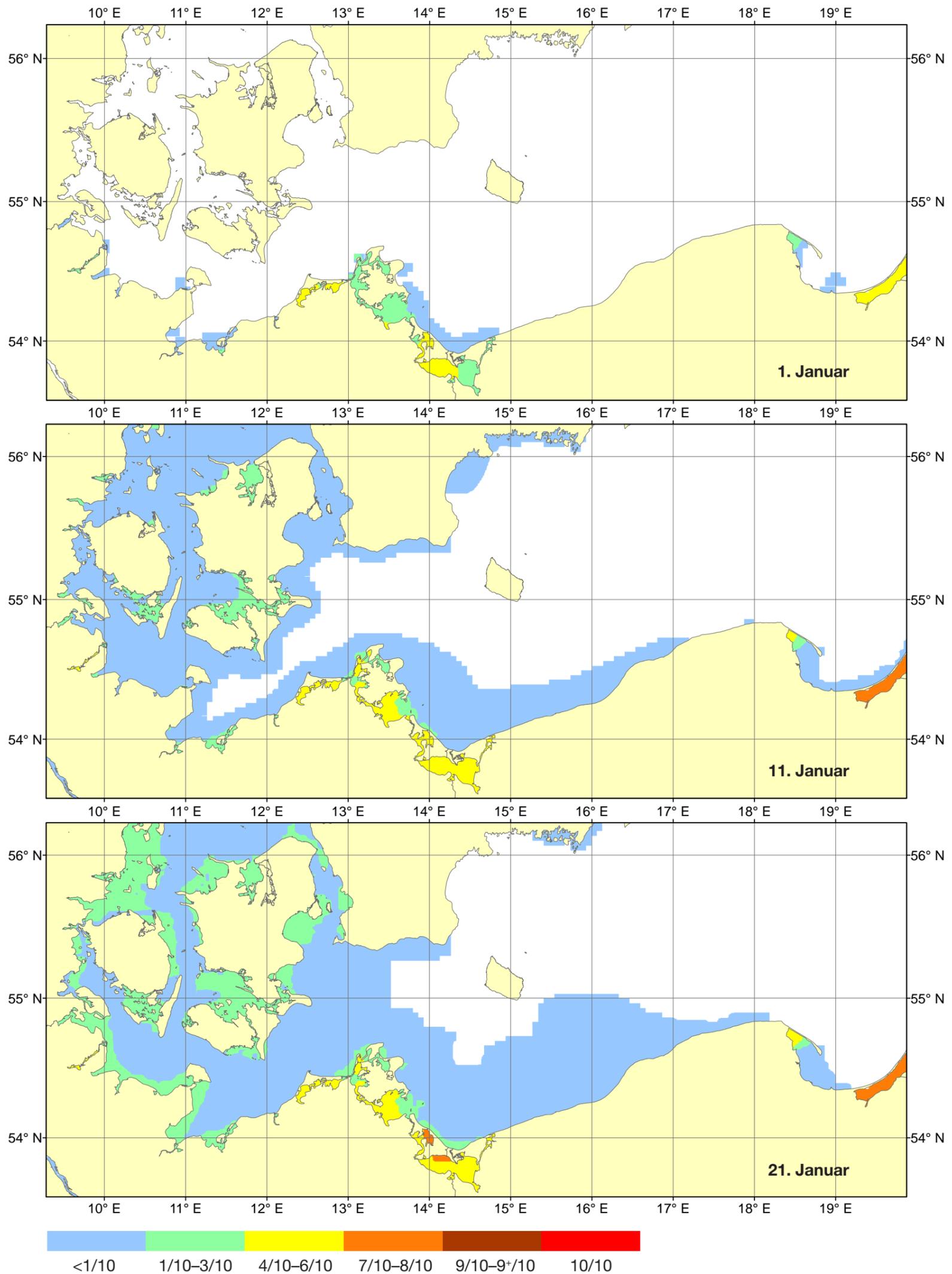
Häufigkeit des Eisaufretens (Bedeckungsgrad > 7/10, Eisdicke > 10 cm)

Mittlerer Bedeckungsgrad (für alle Winter)



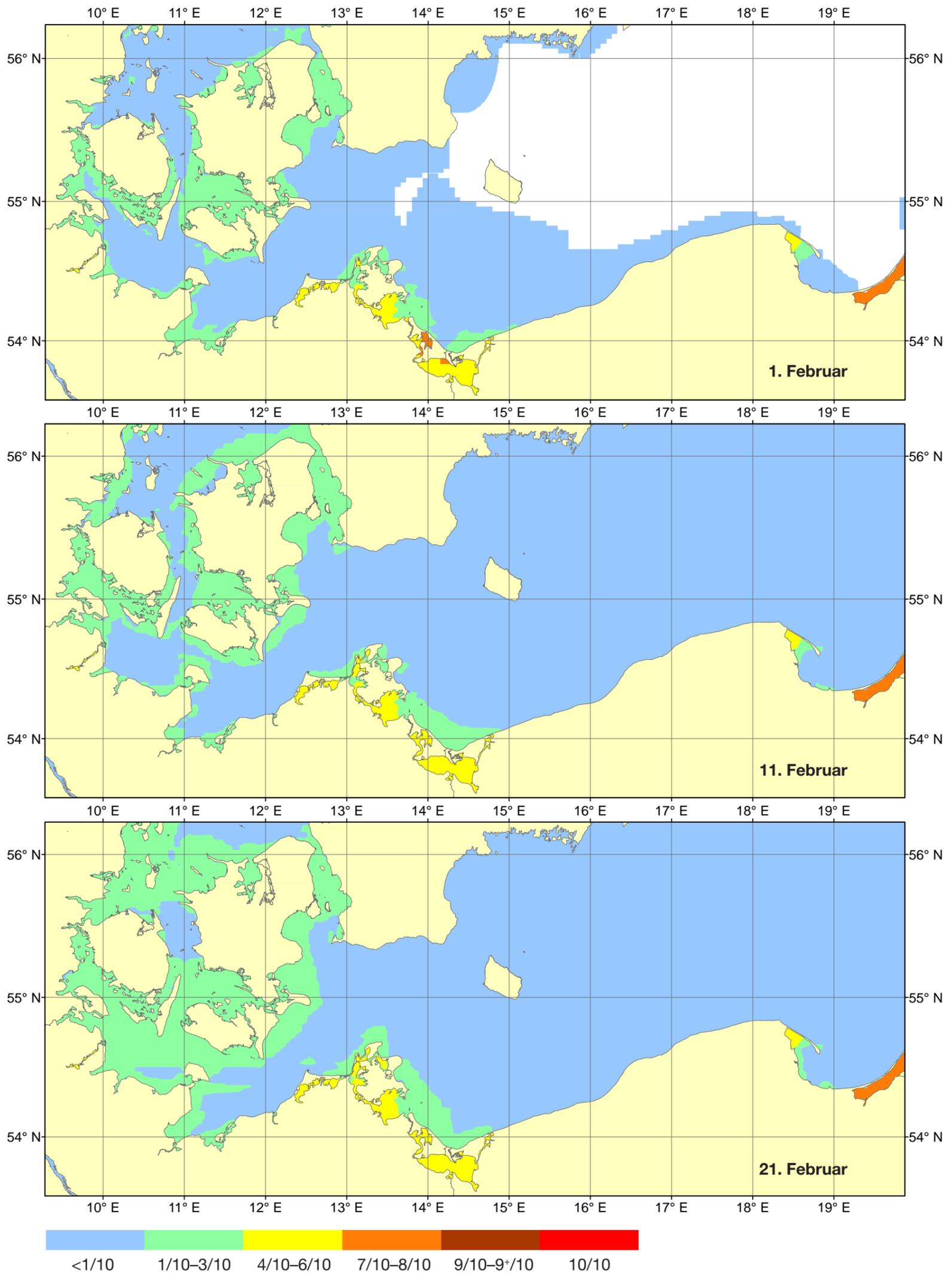
1961–2010 Ice conc. (all) (1=100%)	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.12.	0	0.02	0	0	0	0	0	0.01	0.08
11.12.	0	0.06	0	0	0.02	0	0	0.03	0.15
21.12.	0.01	0.18	0	0.01	0.05	0	0.002	0.06	0.3

Mittlerer Bedeckungsgrad (für alle Winter)



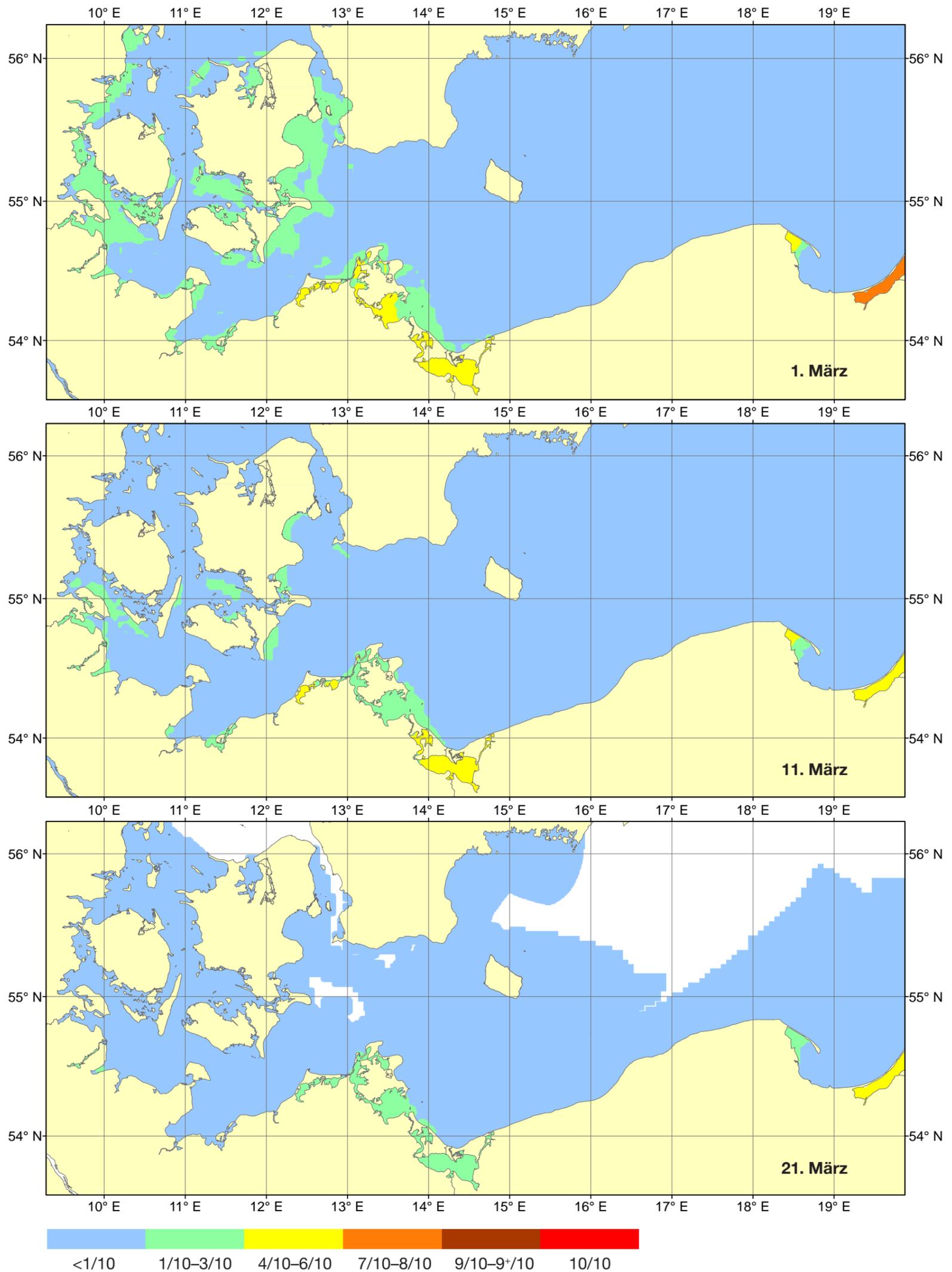
1961–2010 Ice conc. (all) (1=100%)	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.01.	0.01	0.29	0	0.08	0.11	0	0.05	0.2	0.44
11.01.	0.13	0.41	0.02	0.14	0.17	0.02	0.15	0.36	0.57
21.01.	0.11	0.37	0.03	0.17	0.19	0.05	0.14	0.36	0.59

Mittlerer Bedeckungsgrad (für alle Winter)



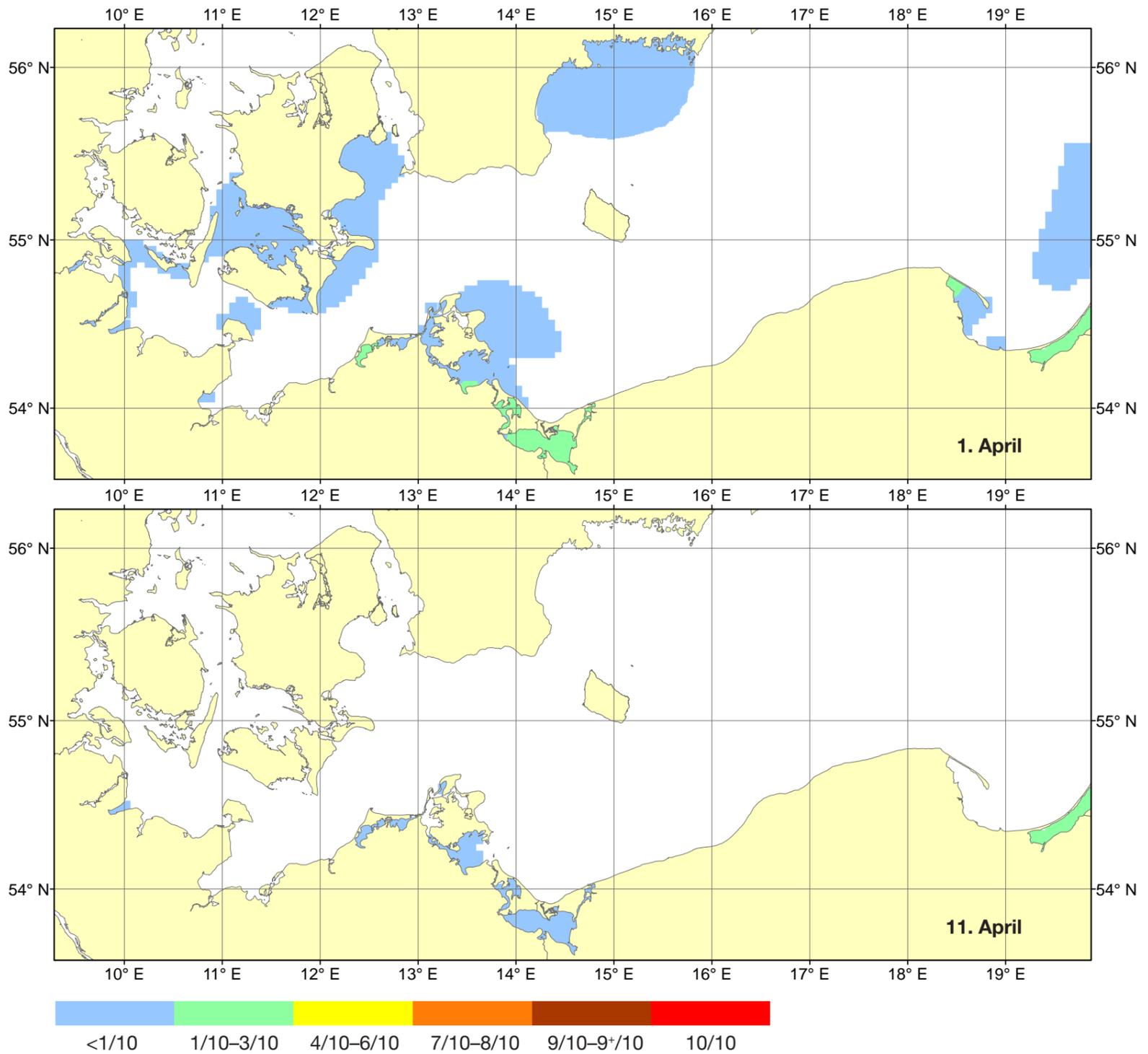
1961–2010 Ice conc. (all) (1=100%)	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.02.	0.15	0.34	0.09	0.12	0.13	0.1	0.13	0.32	0.58
11.02.	0.16	0.33	0.07	0.14	0.14	0.09	0.17	0.33	0.52
21.02.	0.19	0.4	0.1	0.16	0.19	0.1	0.16	0.38	0.52

Mittlerer Bedeckungsgrad (für alle Winter)



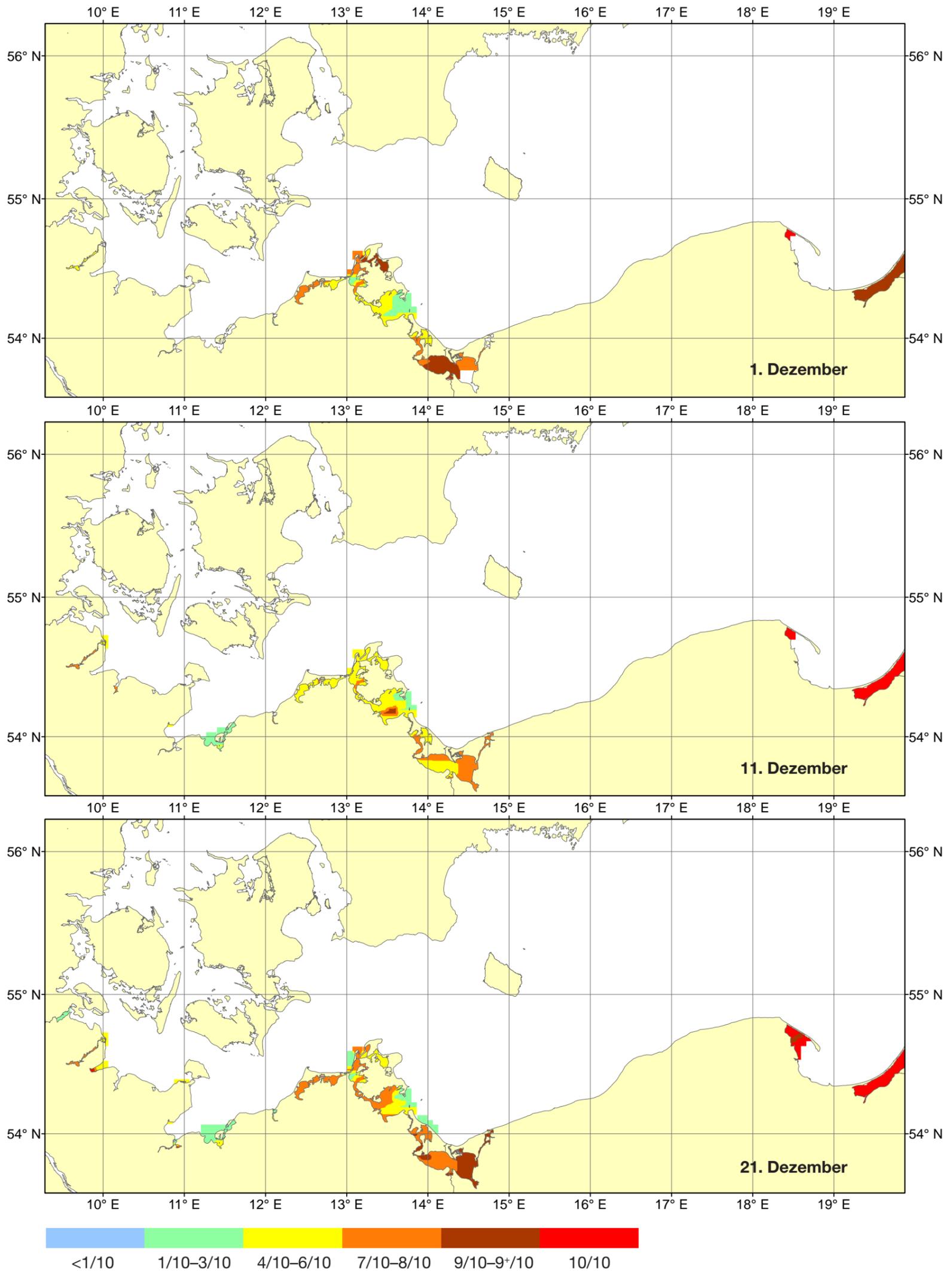
1961–2010 Ice conc. (all) (1=100%)	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.03.	0.13	0.28	0.08	0.08	0.11	0.10	0.14	0.33	0.48
11.03.	0.13	0.20	0.03	0.05	0.06	0.07	0.10	0.25	0.39
21.03.	0.08	0.14	0.02	0.01	0.00	0.02	0.08	0.19	0.27

Mittlerer Bedeckungsgrad (für alle Winter)



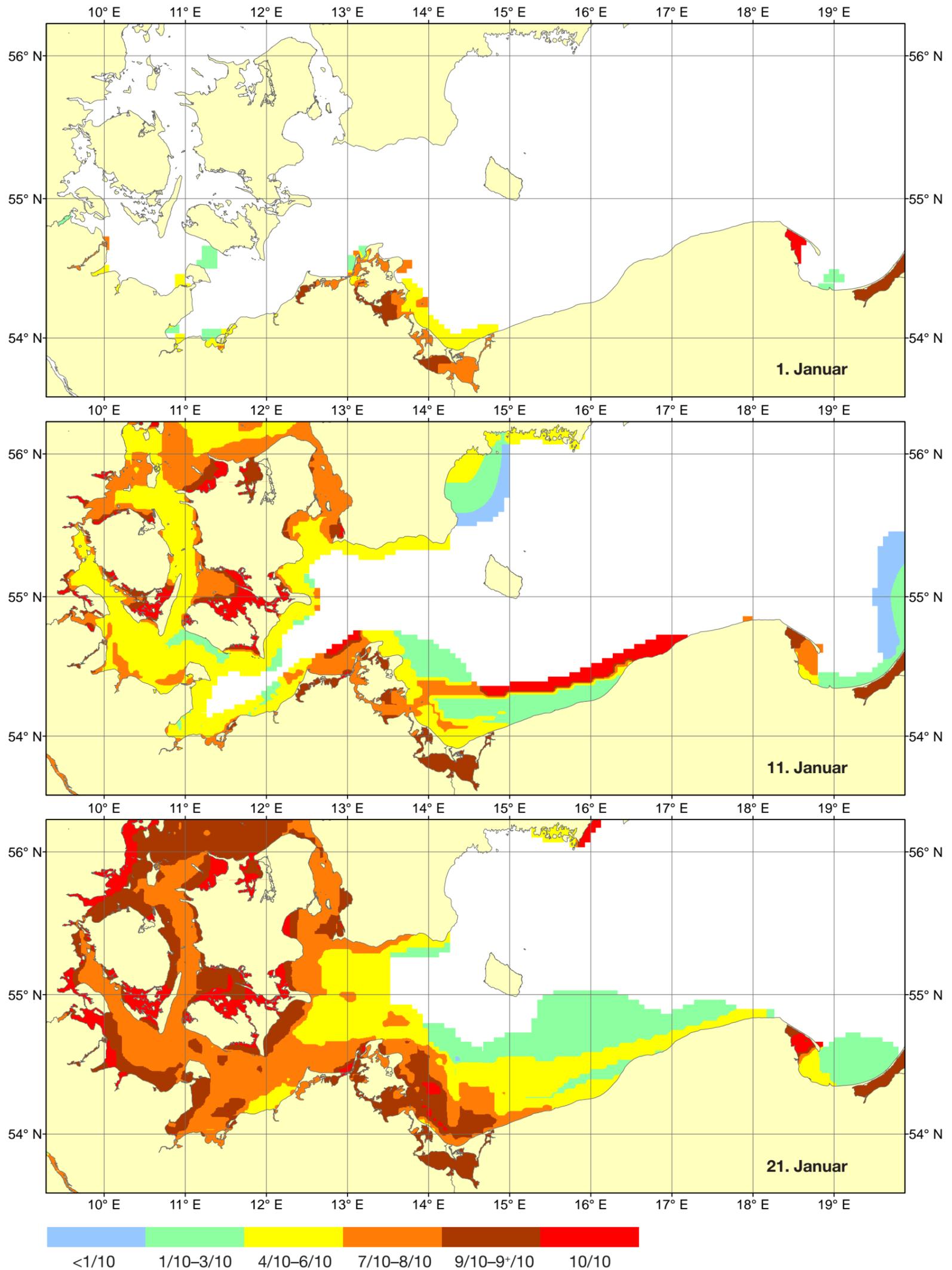
1961-2010 Ice conc. (all) (1=100%)	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.04.	0.02	0.02	0.01	0	0	0	0.02	0.09	0.12
11.04.	0	0	0	0	0	0	0	0.03	0.04

Mittlerer Bedeckungsgrad (nur für Winter mit Eis)



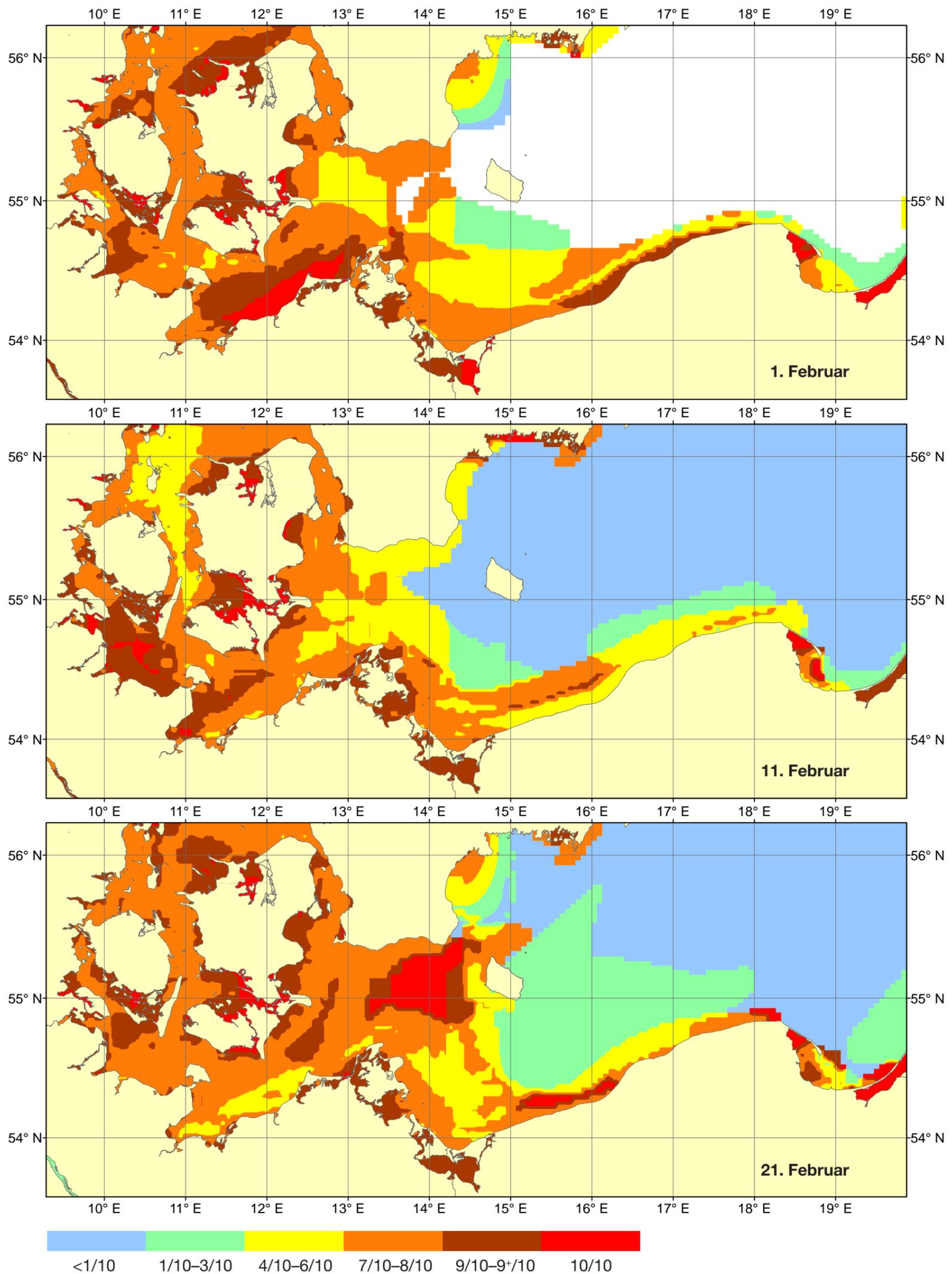
1961–2010 Conc. (with Ice) (1=100%)	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.12.	0	0.42	0	0	0	0	0	0.25	1
11.12.	0	0.71	0	0	0.5	0	0	0.85	0.75
21.12.	0.25	0.81	0	0.95	0.58	0	0.1	0.43	0.84

Mittlerer Bedeckungsgrad (nur für Winter mit Eis)



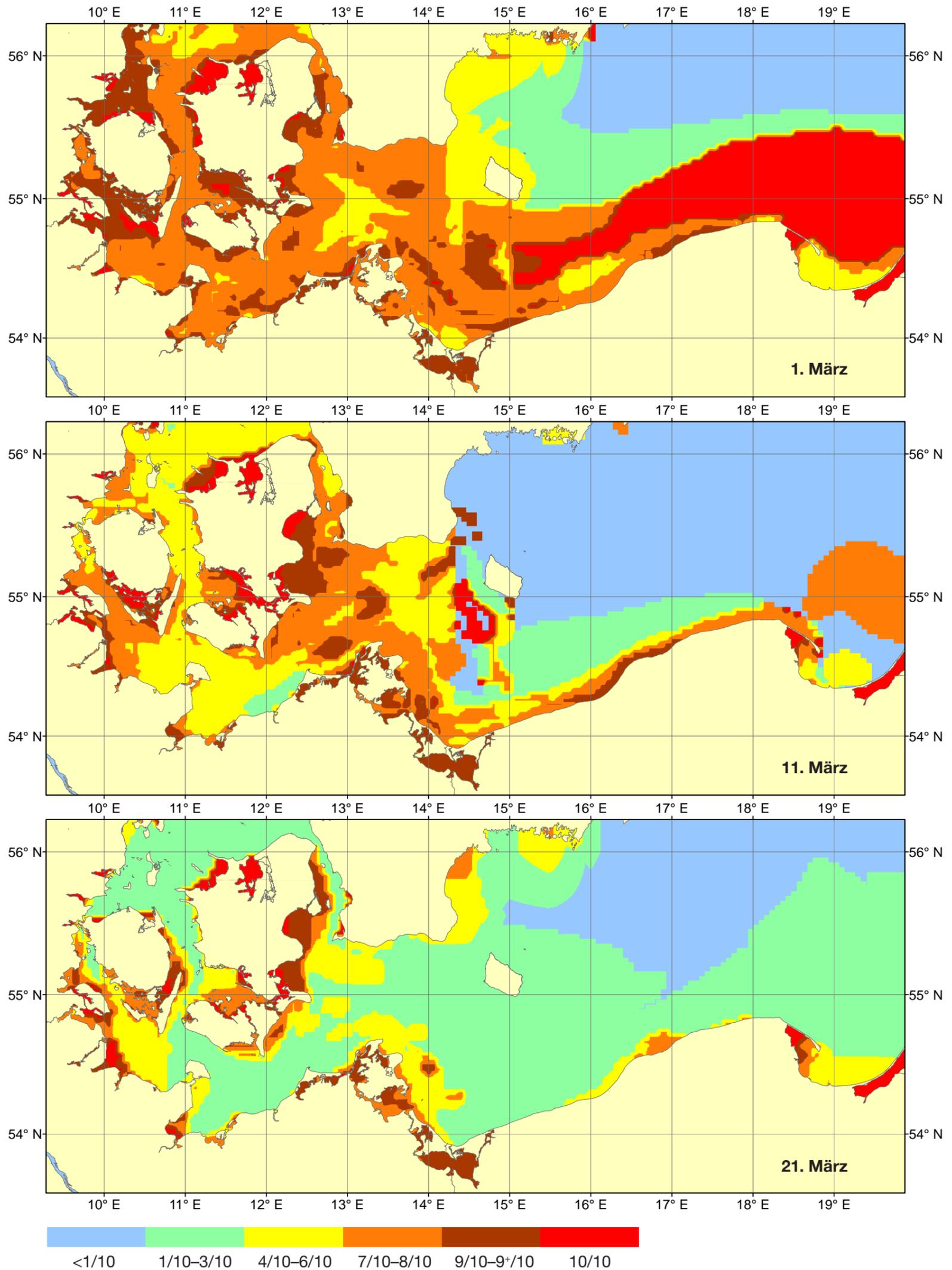
1961–2010 Conc. (with Ice) (1=100%)	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.01.	0.25	0.73	0	0.58	0.76	0	0.65	0.92	0.81
11.01.	0.57	0.82	0.6	0.46	0.49	0.37	0.62	0.82	0.95
21.01.	0.69	0.89	0.53	0.6	0.62	0.39	0.71	0.91	0.86

Mittlerer Bedeckungsgrad (nur für Winter mit Eis)



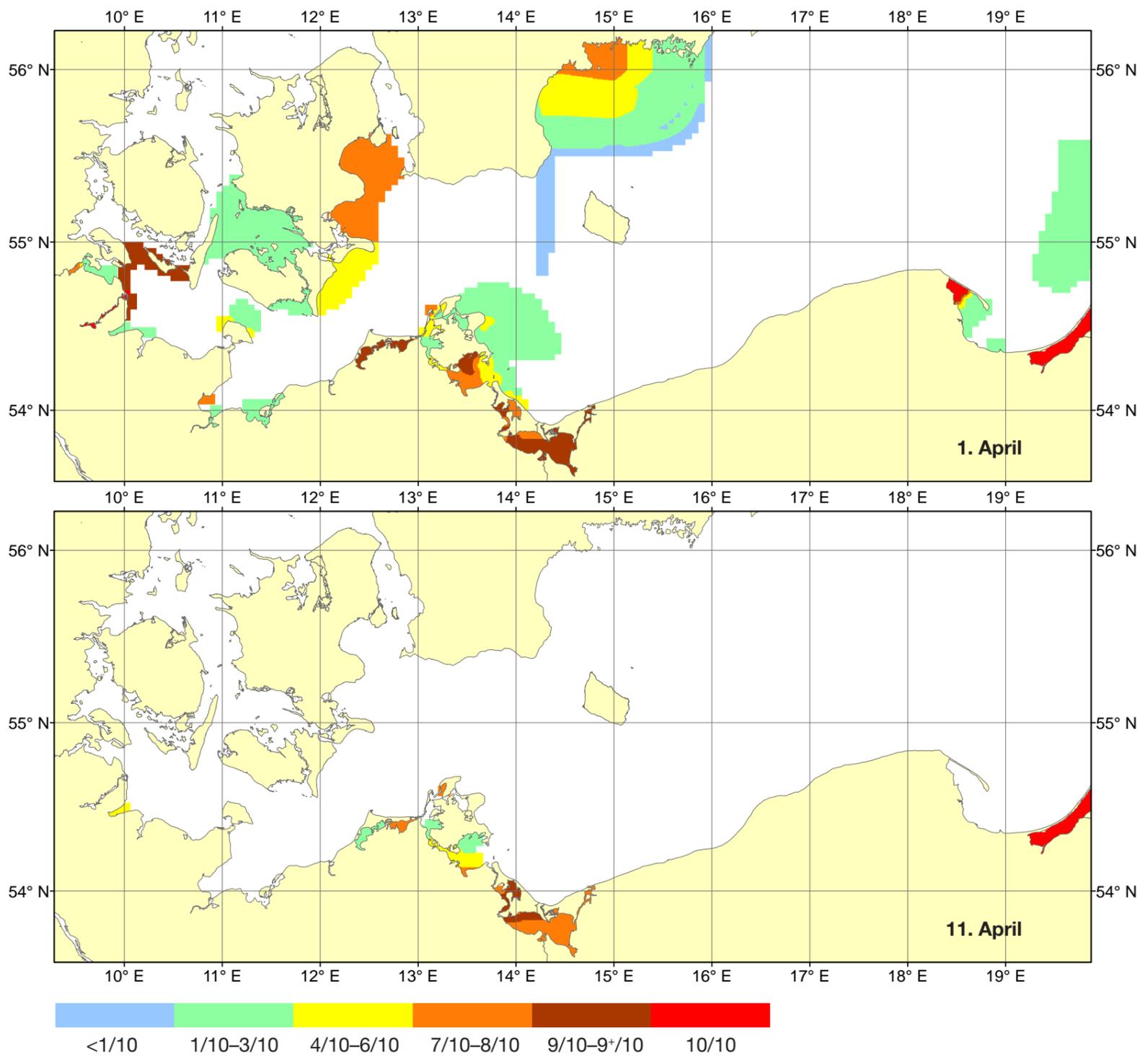
1961–2010 Conc. (with Ice) (1=100%)	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.02.	0.75	0.85	0.67	0.54	0.67	0.45	0.56	0.88	0.88
11.02.	0.74	0.91	0.44	0.71	0.59	0.75	0.65	0.79	0.86
21.02.	0.68	0.9	0.68	0.57	0.56	0.62	0.57	0.91	0.89

Mittlerer Bedeckungsgrad (nur für Winter mit Eis)



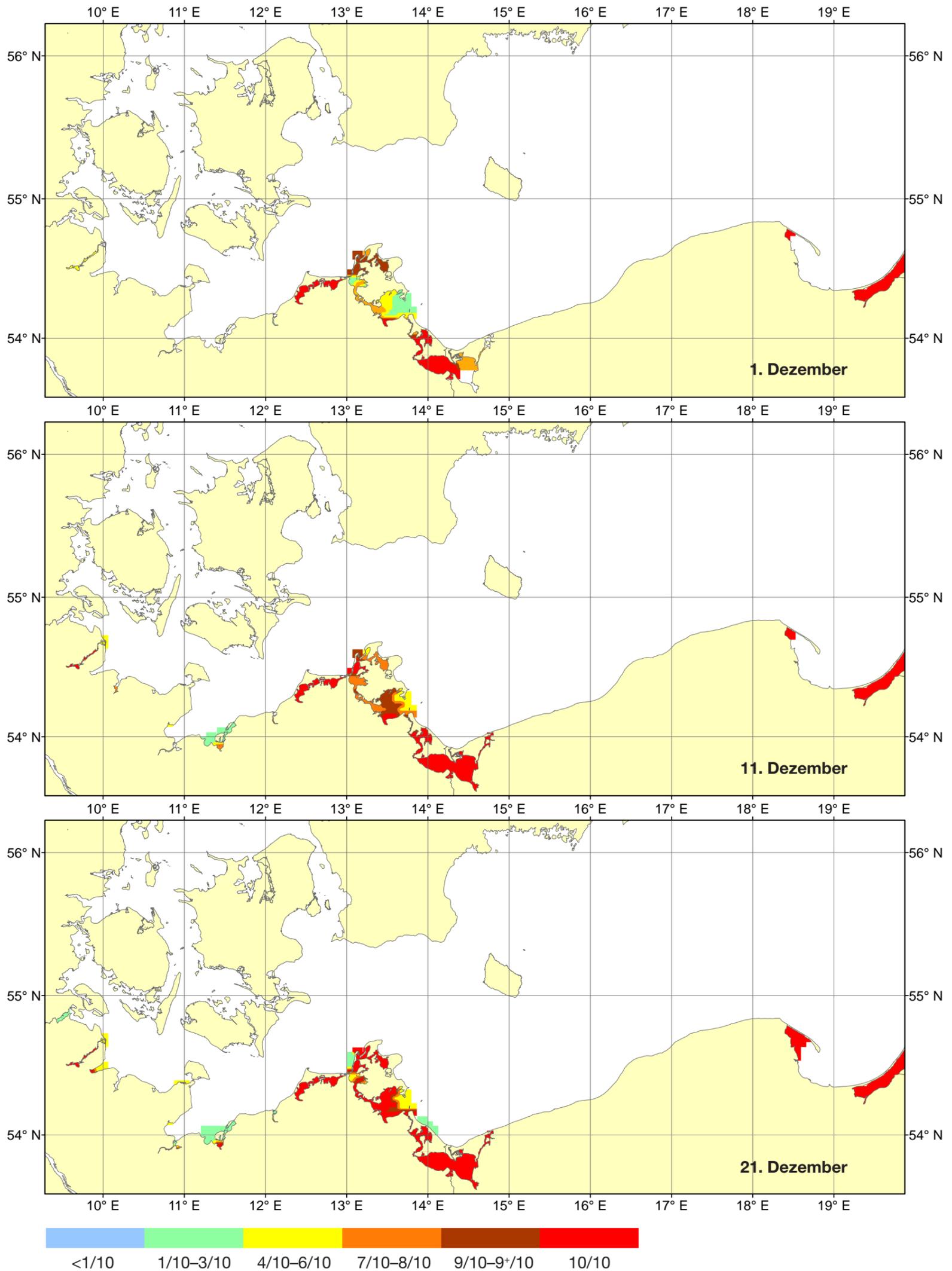
1961–2010 Conc. (with Ice) (1=100%)	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.03.	0.73	0.73	0.68	0.54	0.61	0.71	0.79	0.78	0.97
11.03.	0.79	0.77	0.32	0.56	0.56	0.67	0.83	0.79	0.92
21.03.	0.6	0.99	0.32	0.25	0.1	0.33	0.8	0.78	1

Mittlerer Bedeckungsgrad (nur für Winter mit Eis)



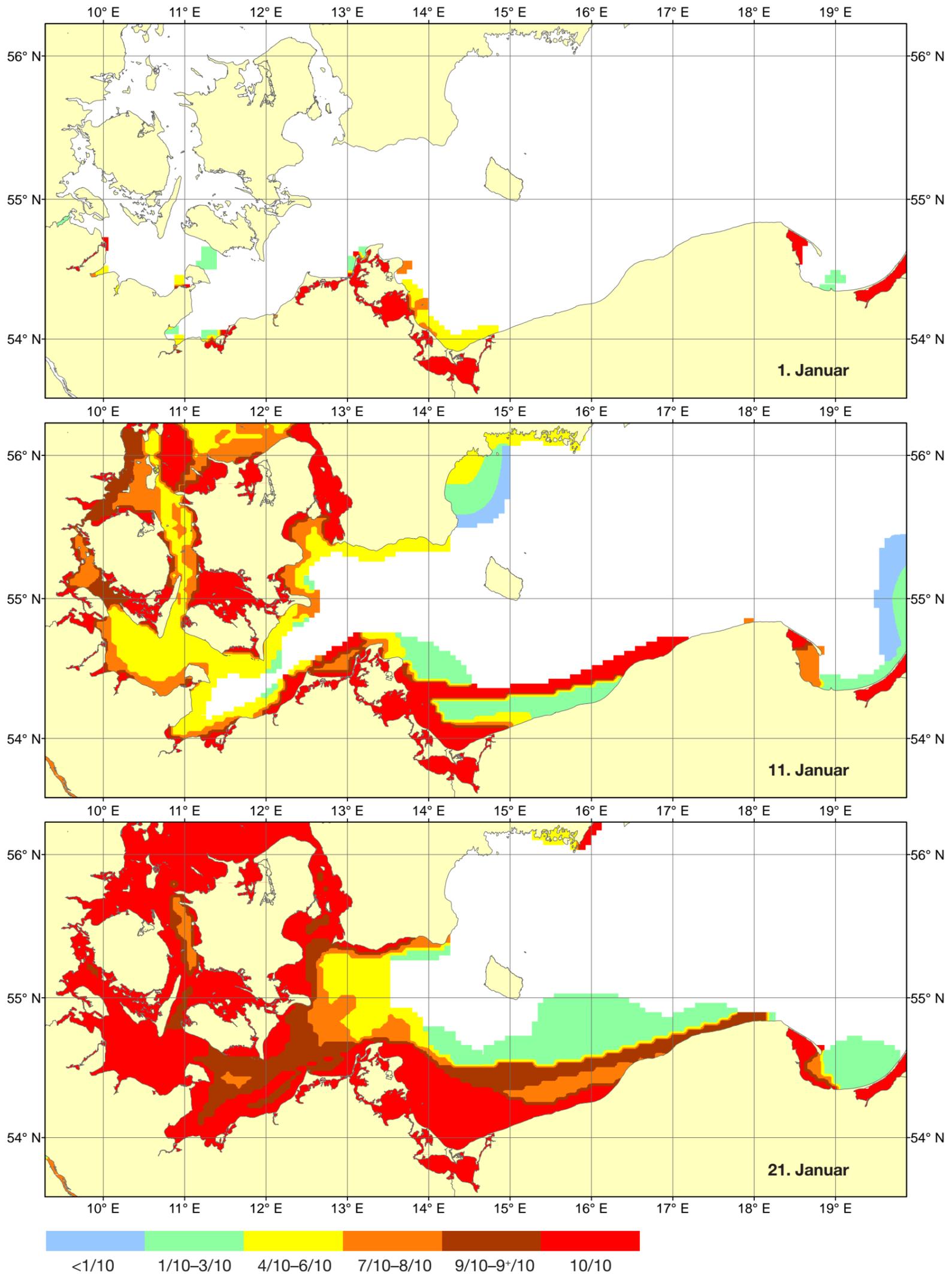
1961–2010 Conc. (with Ice) (1=100%)	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.04.	0.85	1	0.35	0.1	0	0	0.75	0.76	0.73
11.04.	0	0	0	0	0	0	0	0.52	0.98

Maximaler Bedeckungsgrad



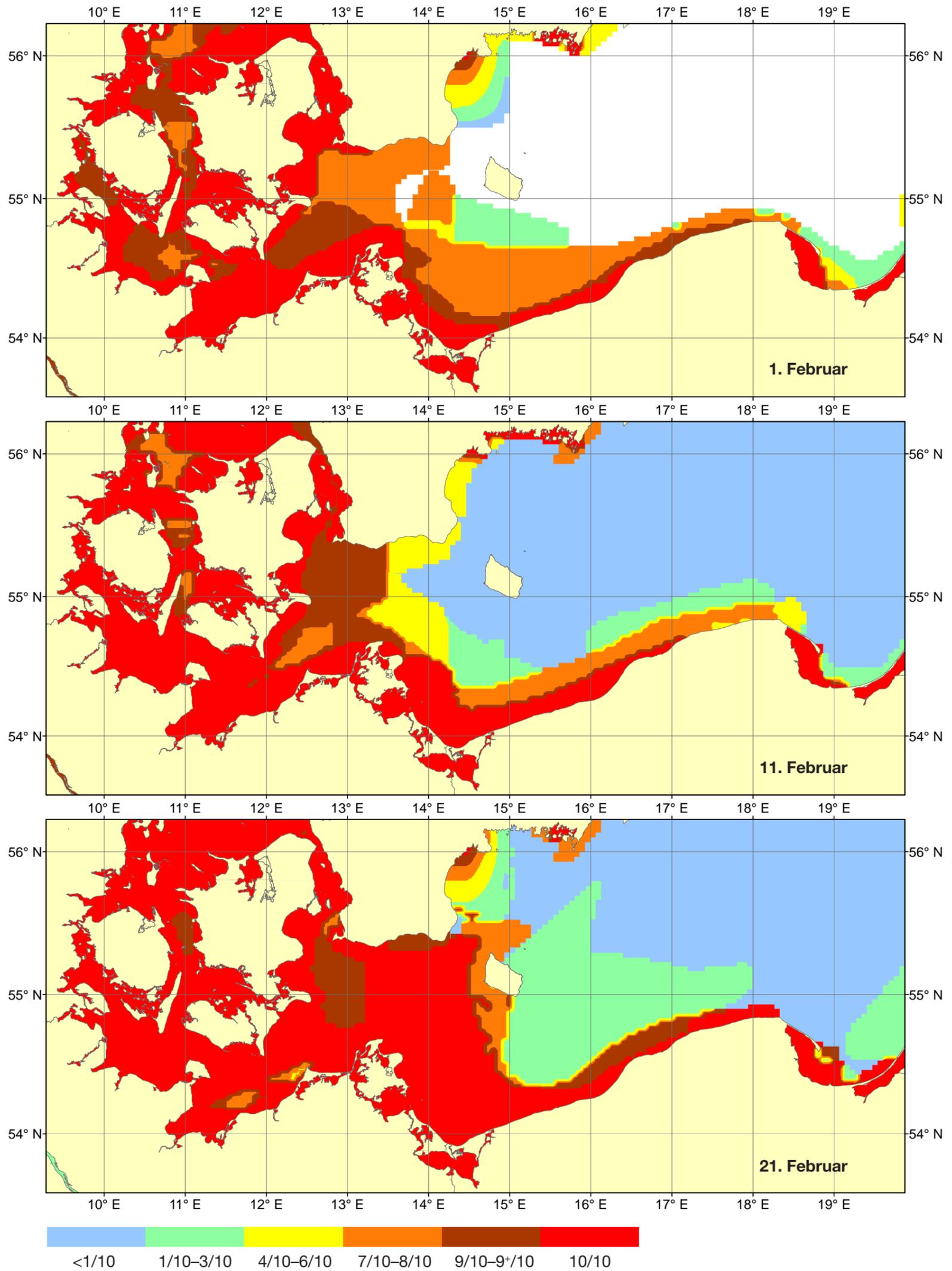
1961–2010 Max. conc. (1=100%)	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.12.	0	0.5	0	0	0	0	0	0.25	1
11.12.	0	1	0	0	0.75	0	0	0.95	1
21.12.	0.25	1	0	0.95	1	0	0.1	0.95	1

Maximaler Bedeckungsgrad



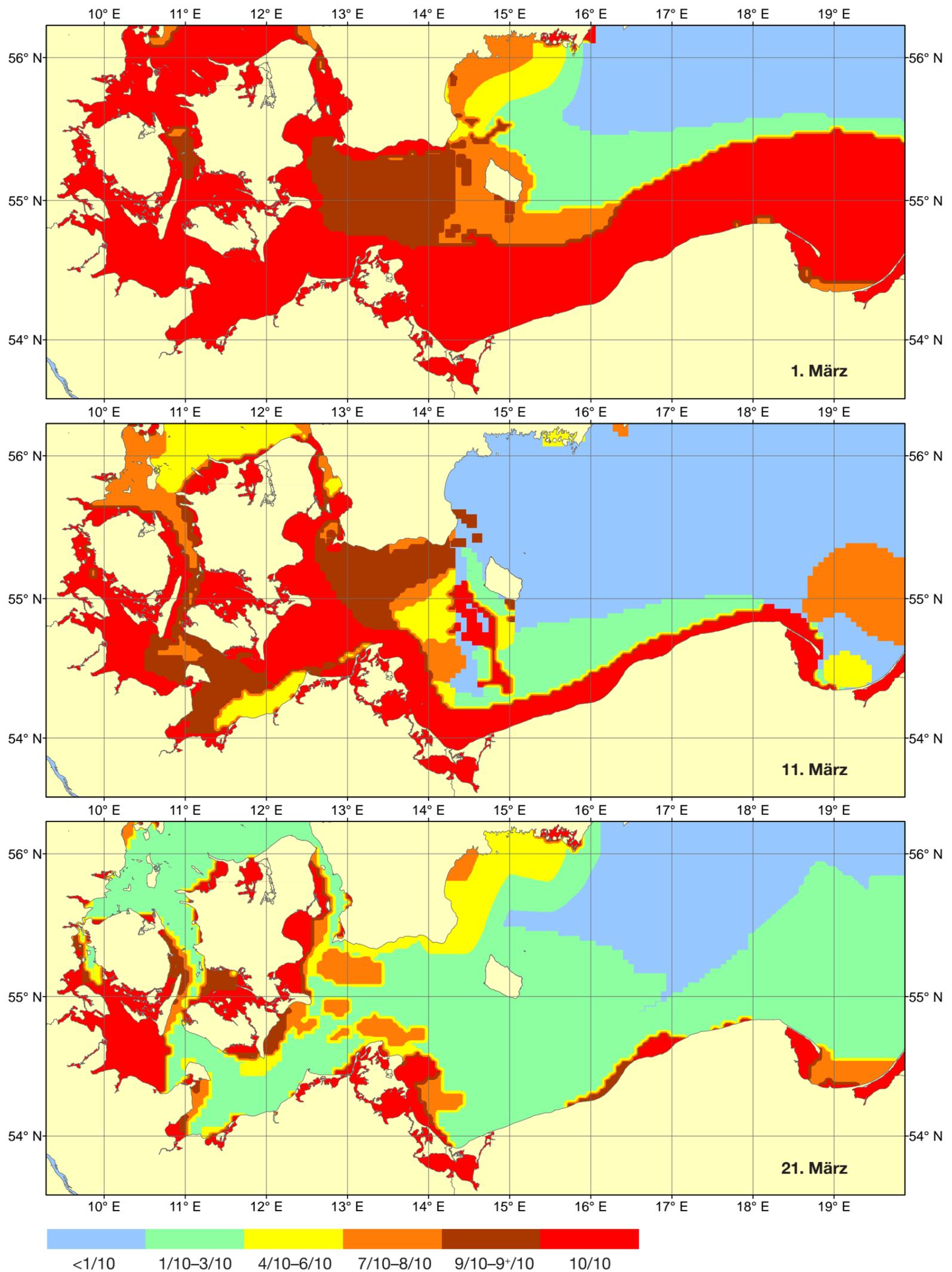
1961–2010 Max. conc. (1=100%)	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.01.	0.25	1	0	1	1	0	1	1	1
11.01.	1	1	0.8	1	1	0.75	1	1	1
21.01.	1	1	1	1	1	0.75	1	1	1

Maximaler Bedeckungsgrad



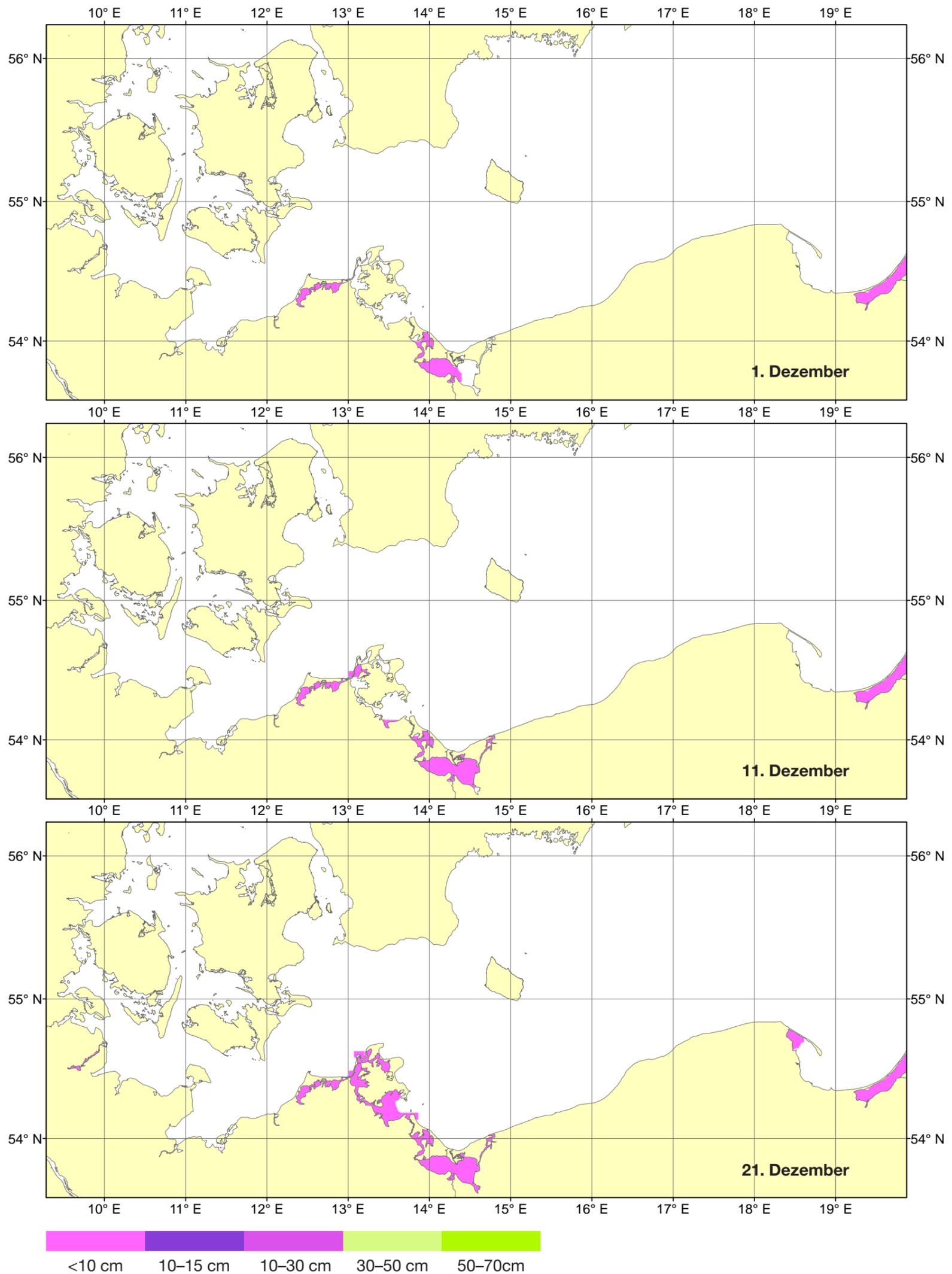
1961–2010 Max. conc. (1=100%)	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.02.	1	1	1	1	1	0.95	1	1	1
11.02.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21.02.	1	1	1	1	1	0.95	1	1	1

Maximaler Bedeckungsgrad



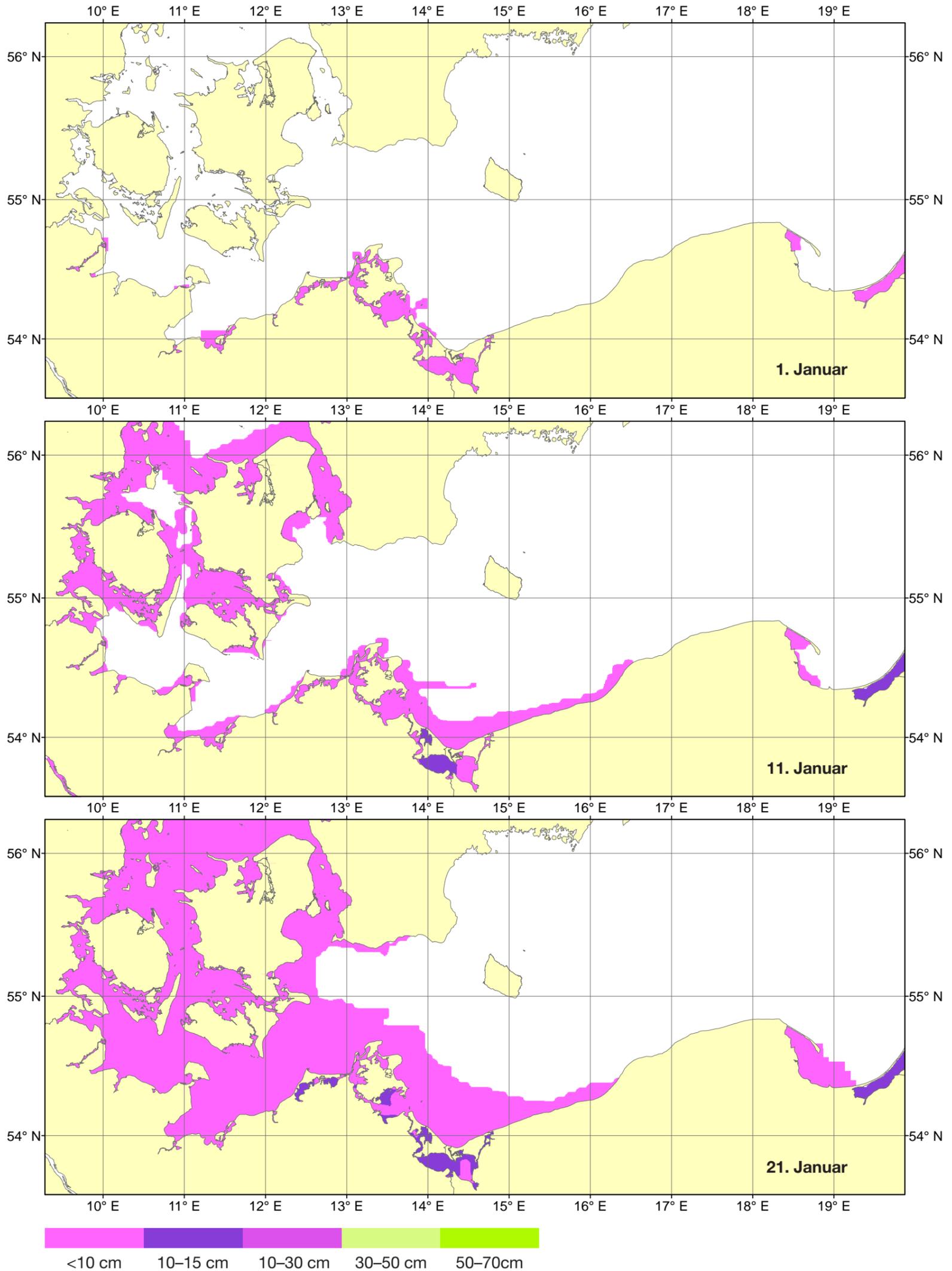
1961–2010 Max. conc. (1=100%)	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.03.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11.03.	1	1	0.5	0.95	1	1	1	1	1
21.03.	1	1	0.5	0.25	0.1	0.5	1	1	1

Mittlere Eisdicke (für alle Winter)



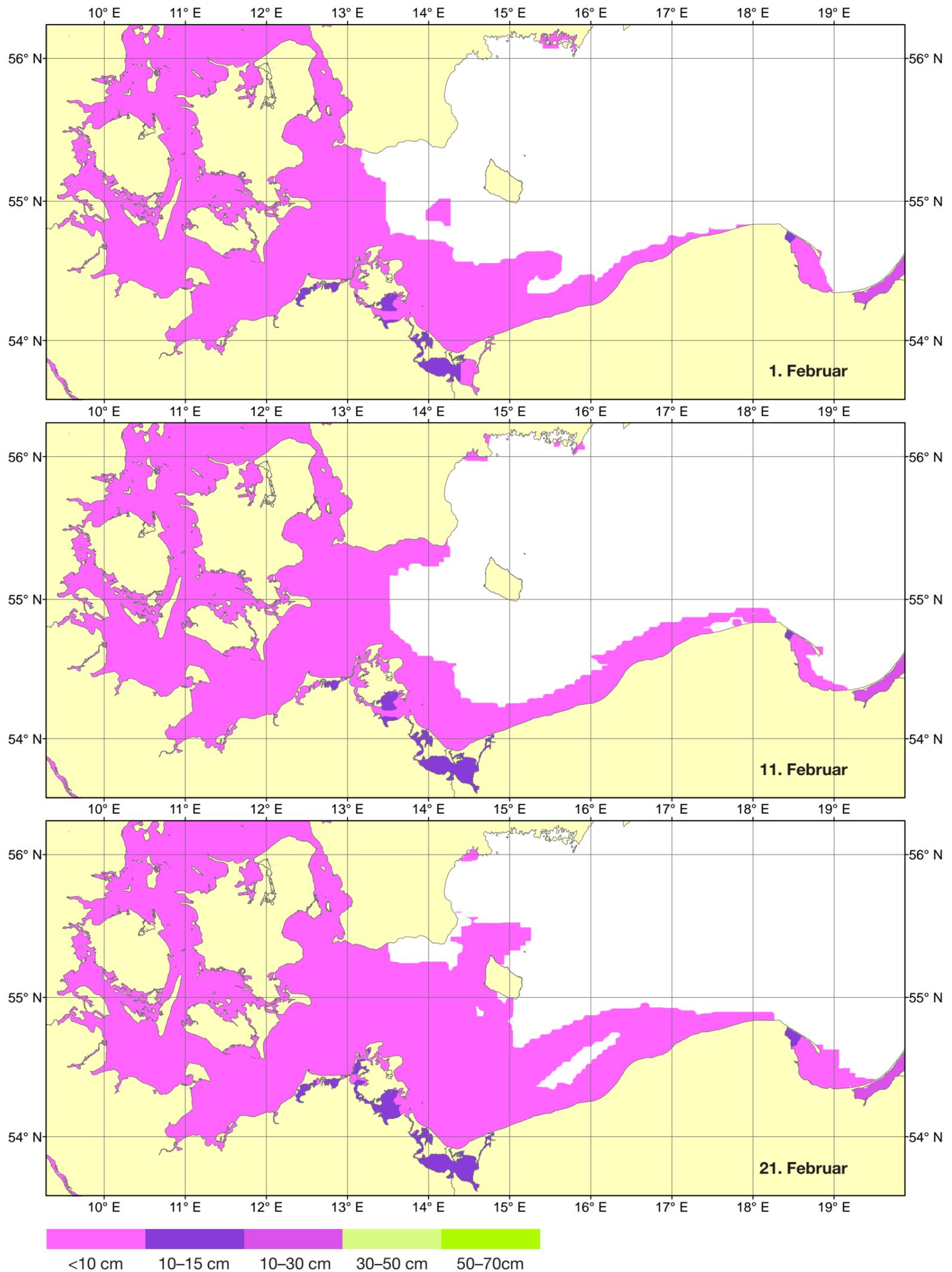
1961–2010 Thickness (all) in cm	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.12.	0	0	0	0	0	0	0	0	1
11.12.	0	0	0	0	0	0	0	0	1
21.12.	0	1	0	0	0	0	0	1	3

Mittlere Eisdicke (für alle Winter)



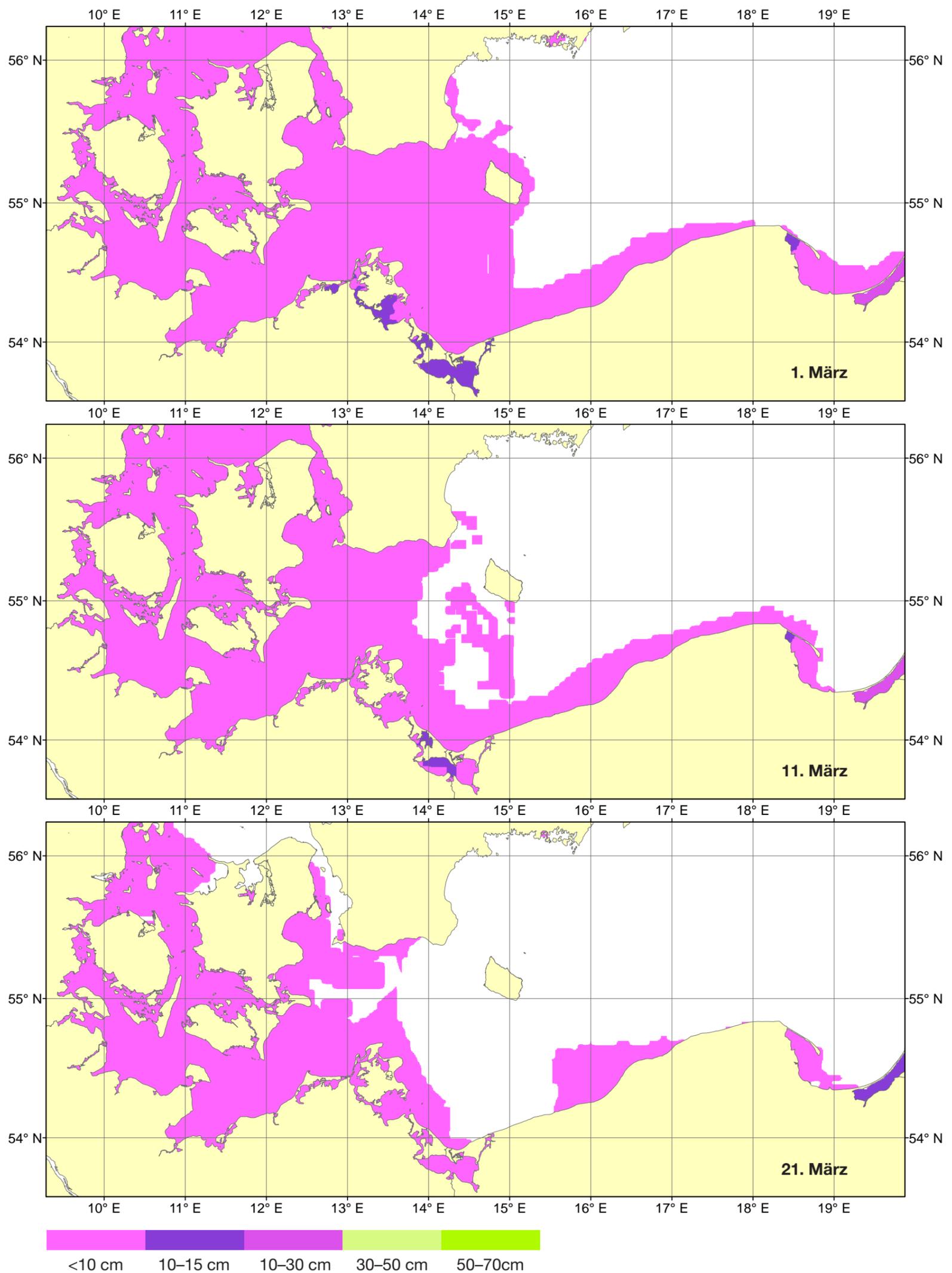
1961–2010 Thickness (all) in cm	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.01.	0	4	0	1	1	0	1	3	6
11.01.	2	7	0	3	3	1	3	7	9
21.01.	3	7	1	4	4	2	3	8	12

Mittlere Eisdicke (für alle Winter)



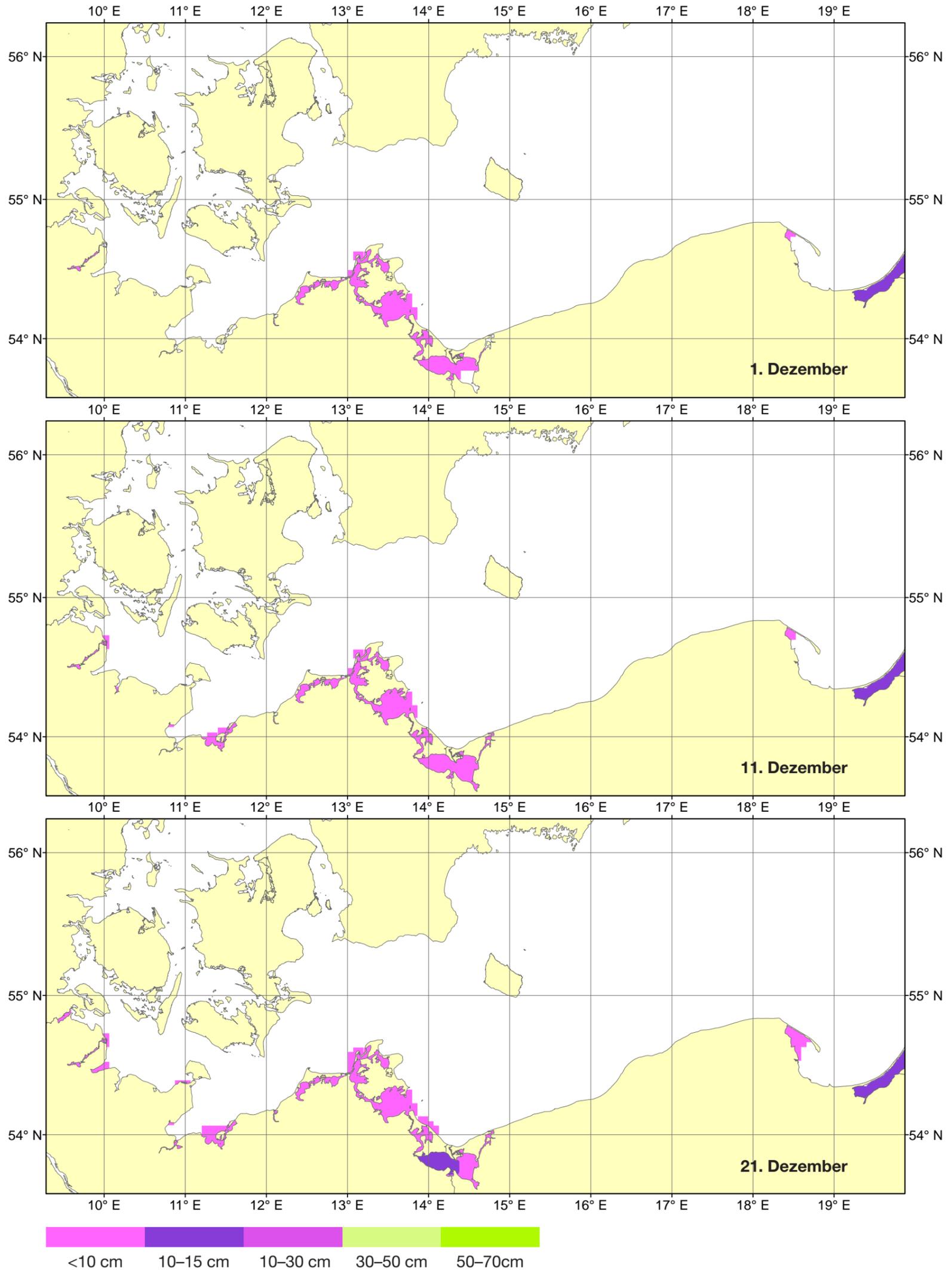
1961–2010 Thickness (all) in cm	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.02.	4	7	2	4	3	3	4	8	12
11.02.	4	6	2	4	4	2	5	9	12
21.02.	6	8	4	5	4	3	5	10	14

Mittlere Eisdicke (für alle Winter)



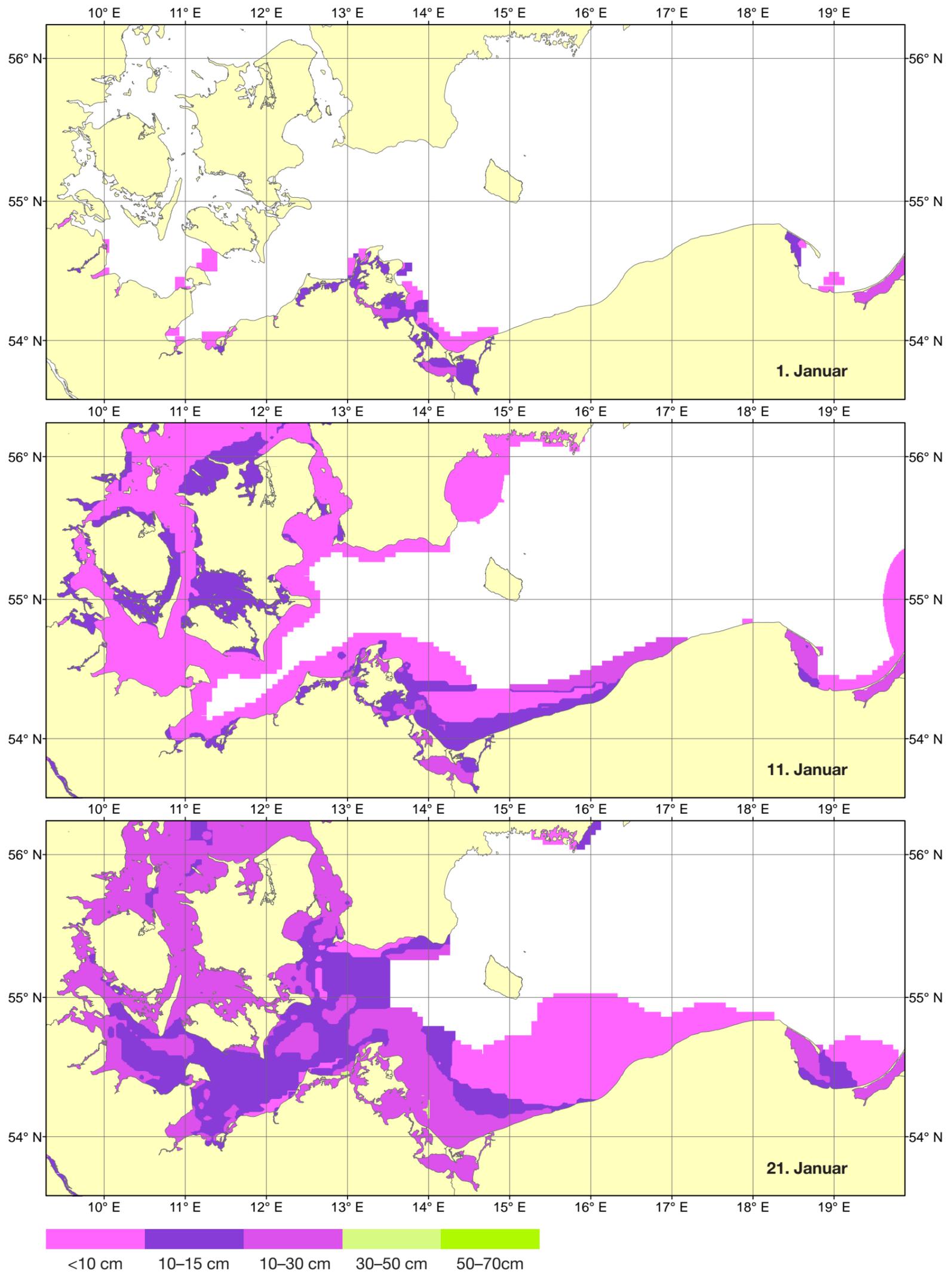
1961–2010 Thickness (all) in cm	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.03.	4	6	4	3	3	4	4	9	11
11.03.	3	5	3	2	2	3	4	9	10
21.03.	3	3	2	0	0	2	2	6	7

Mittlere Eisdicke (nur für Winter mit Eis)



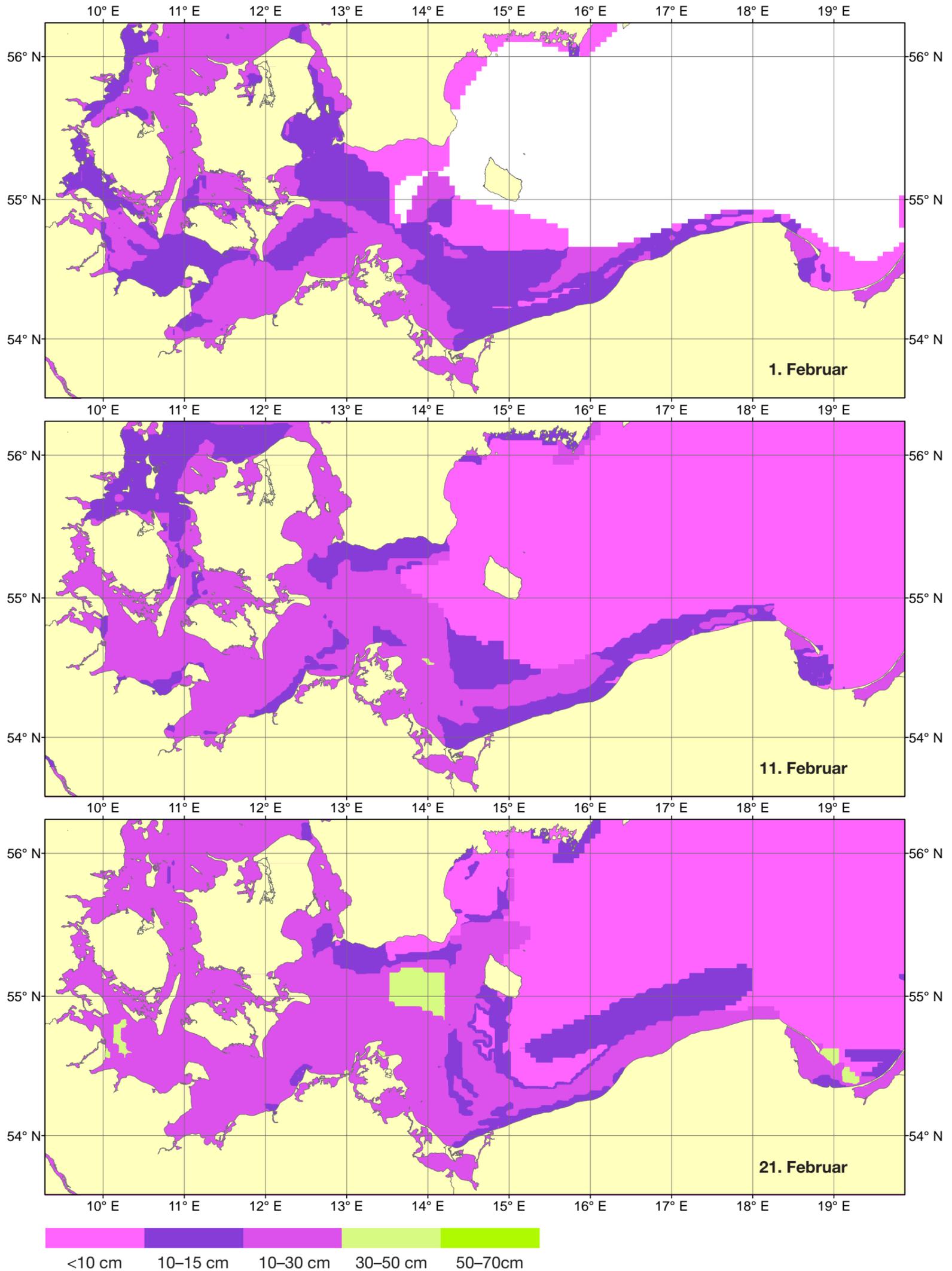
1961-2010 Thick. (with ice) in cm	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.12.	0	3	0	0	0	0	0	5	8
11.12.	0	5	0	0	5	0	0	5	5
21.12.	2	6	0	8	5	0	5	5	9

Mittlere Eisdicke (nur für Winter mit Eis)



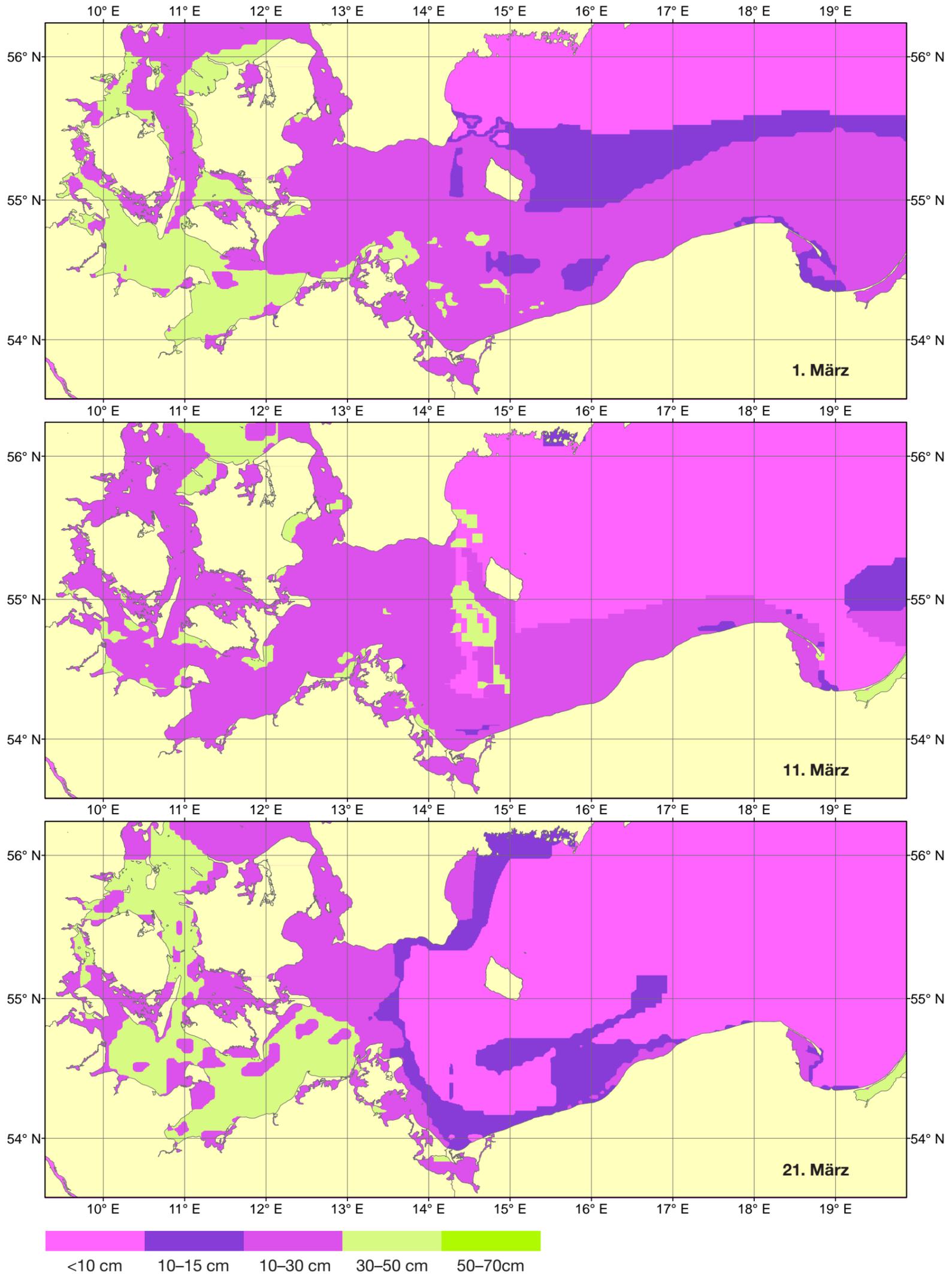
1961–2010 Thick. (with ice) in cm	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.01.	3	10	0	9	8	0	9	16	11
11.01.	7	14	5	10	10	18	13	15	15
21.01.	18	17	13	14	13	15	15	20	17

Mittlere Eisdicke (nur für Winter mit Eis)



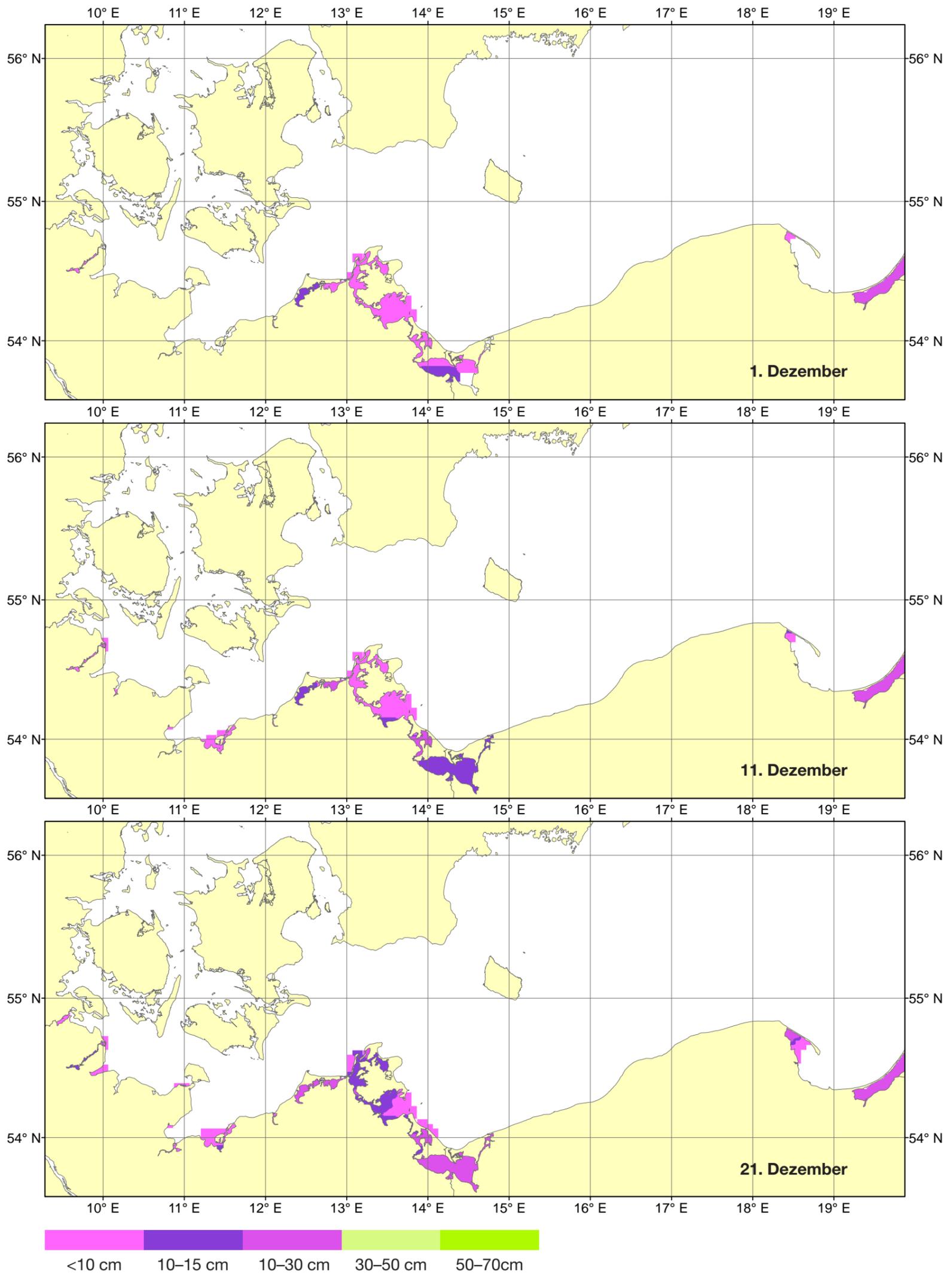
1961–2010 Thick. (with ice) in cm	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.02.	18	17	17	17	16	21	17	23	18
11.02.	18	18	14	19	15	20	18	22	20
21.02.	23	19	25	19	12	21	19	25	23

Mittlere Eisdicke (nur für Winter mit Eis)



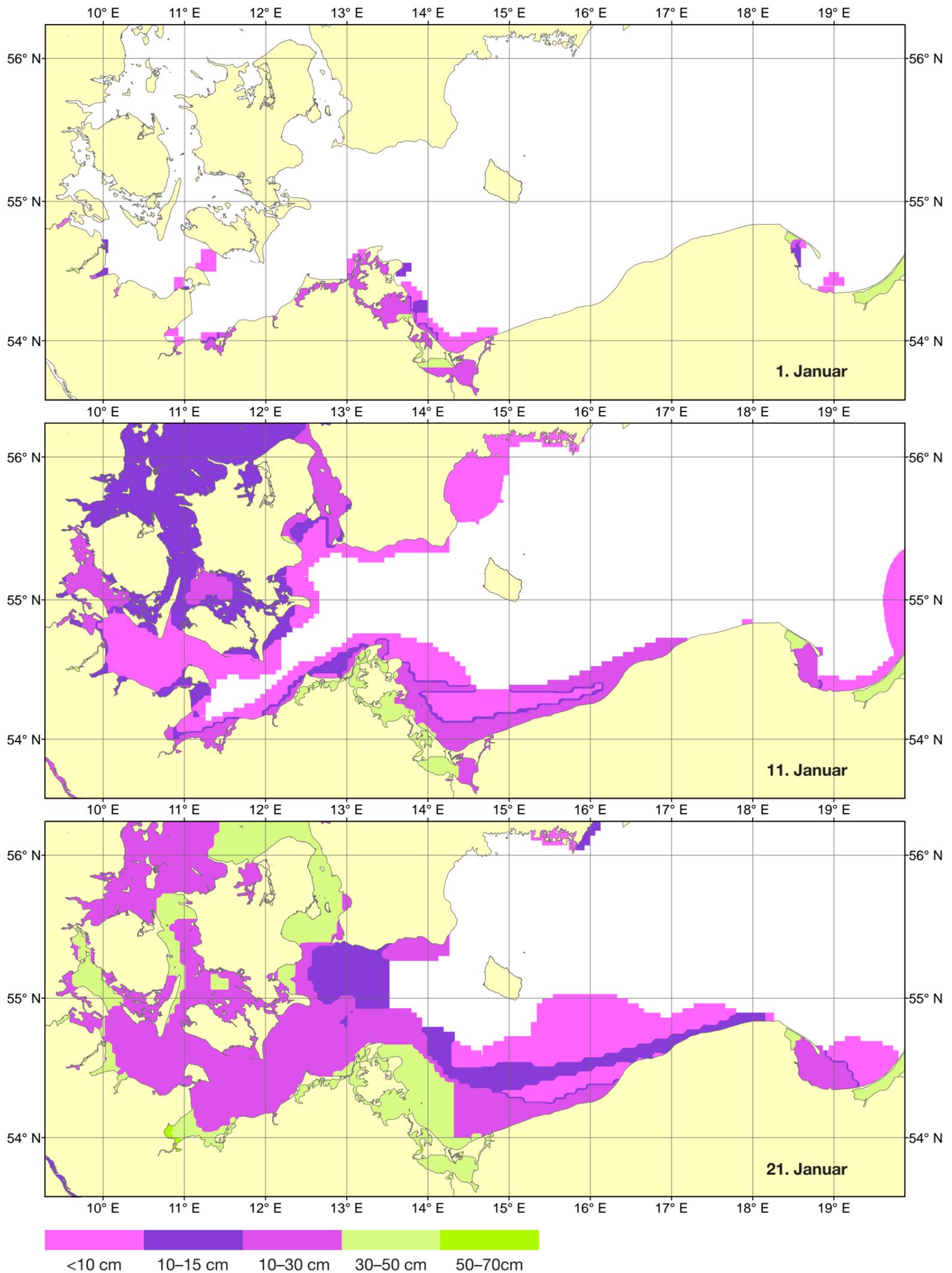
1961–2010 Thick. (with ice) in cm	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.03.	22	16	34	24	16	27	24	22	24
11.03.	22	17	33	23	15	28	29	27	24
21.03.	20	22	28	15	13	28	24	27	27

Maximale Eisdicke



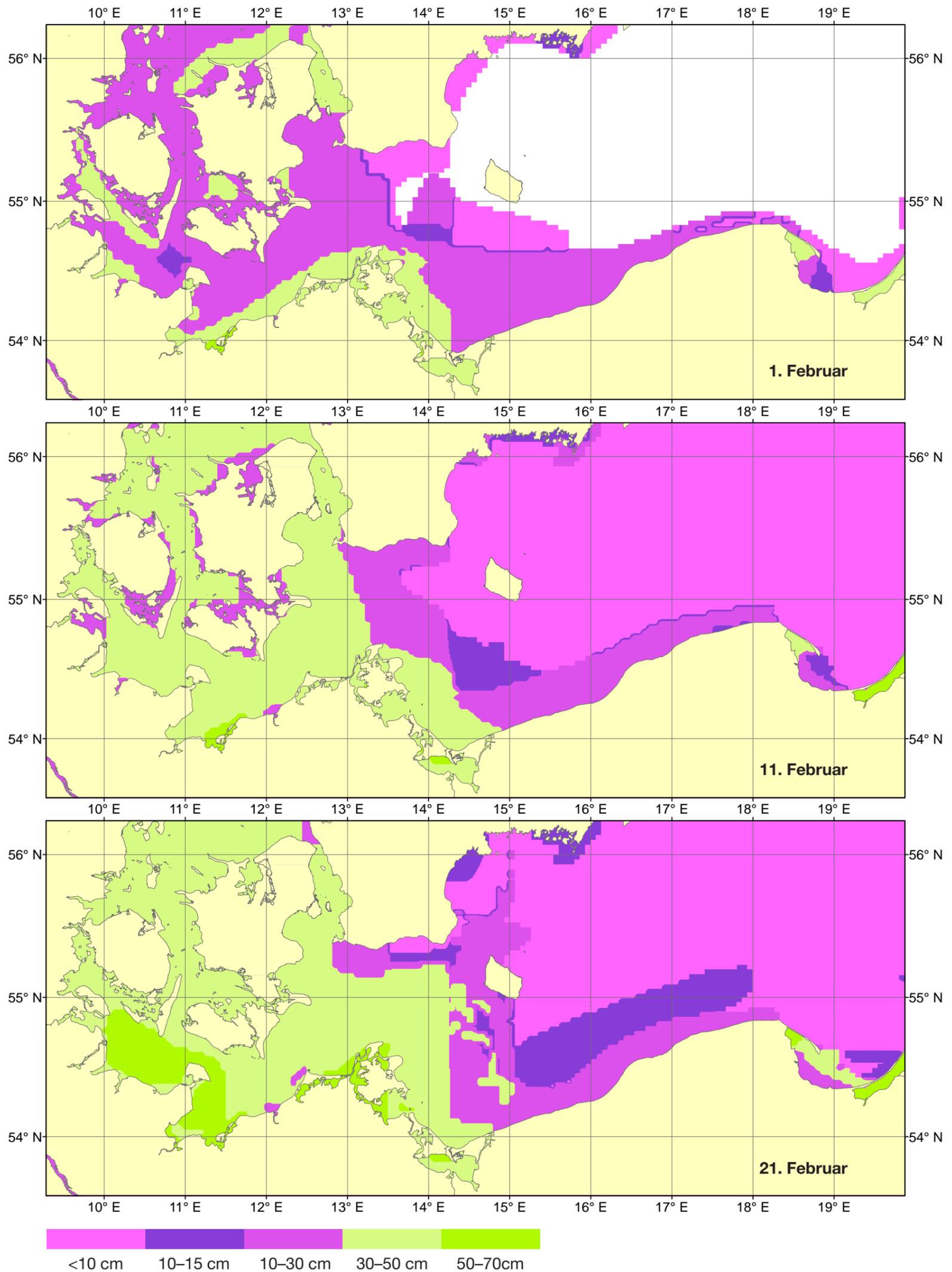
1961–2010 Max. Thickness in cm	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.12.	0	3	0	0	0	0	0	5	9
11.12.	0	7	0	0	8	0	0	5	14
21.12.	2	13	0	8	10	0	5	8	17

Maximale Eisdicke



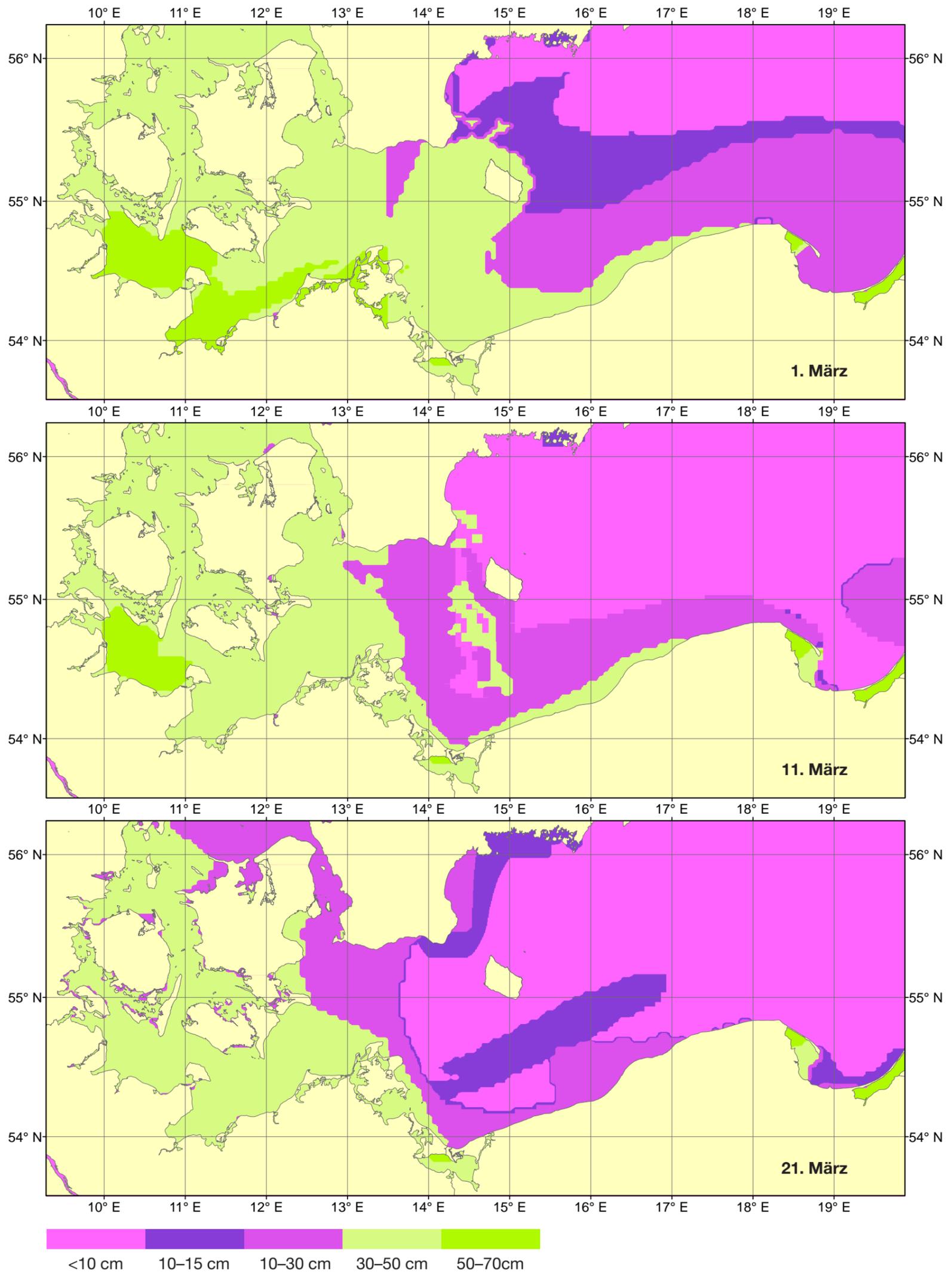
1961-2010 Max. Thickness in cm	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.01.	3	25	0	18	13	0	13	30	34
11.01.	18	35	5	25	25	23	25	43	40
21.01.	30	33	23	30	25	25	35	43	43

Maximale Eisdicke



1961–2010 Max. Thickness in cm	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.02.	35	40	23	40	30	50	40	60	48
11.02.	35	40	40	40	40	40	40	60	50
21.02.	50	50	50	50	30	50	45	60	60

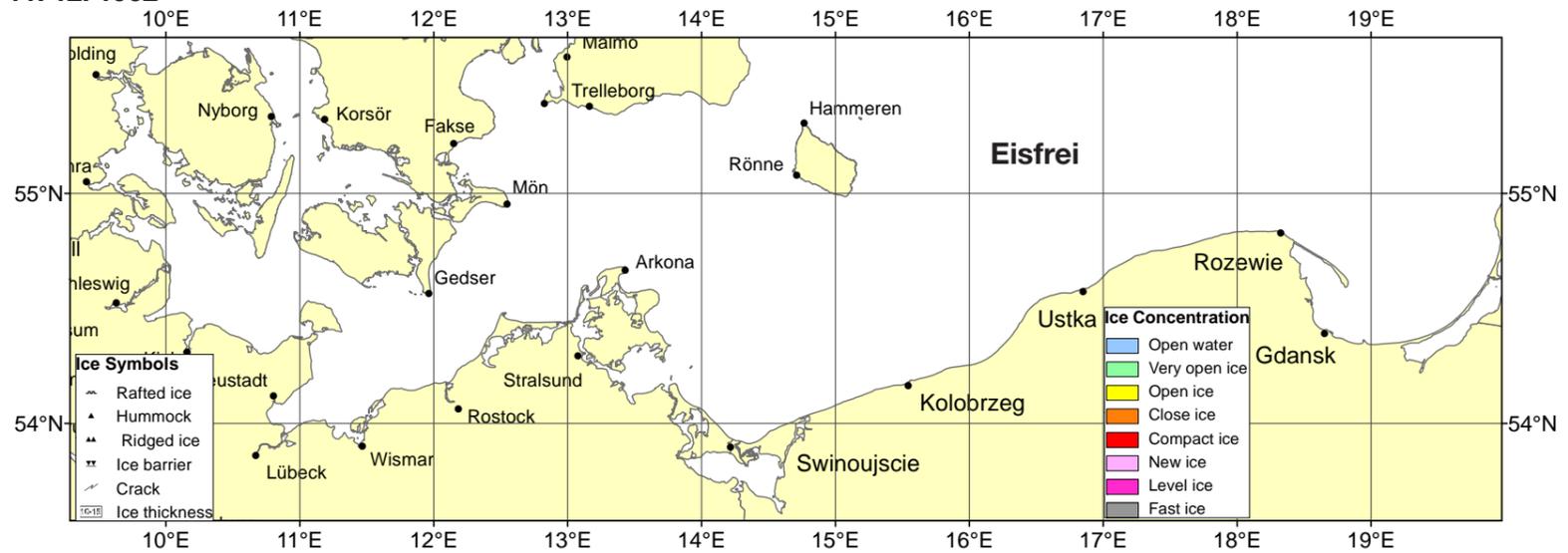
Maximale Eisdicke



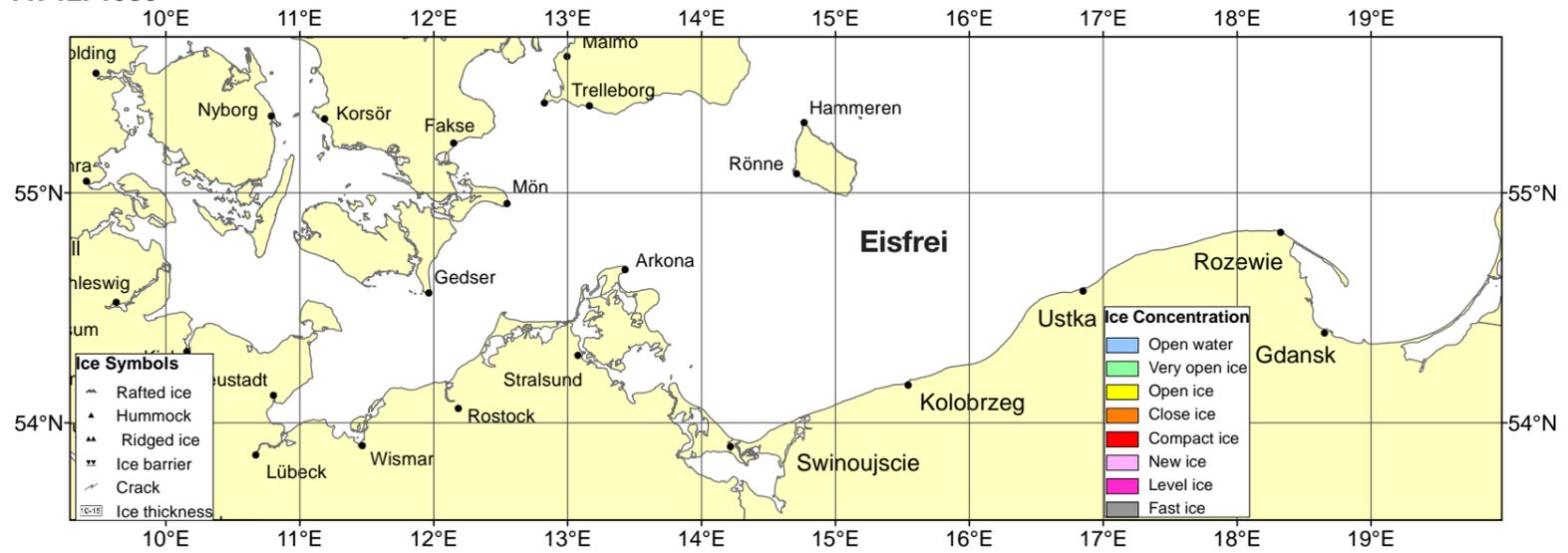
1961–2010 Max. Thickness in cm	Flensburg	Innere Schlei	Wester- markelsdorf	Untertrave	Unterwarnow	Arkona	Greifswalder Oie	Greifswalder Bodden	Stettiner Haff West
01.03.	40	40	55	60	35	55	45	50	62
11.03.	35	35	55	40	23	40	40	50	55
21.03.	35	30	50	15	13	35	40	50	50

Eisverhältnisse in einem extrem starken (1962/63), sehr starken (1986/87) und mäßigen (2010/11) Eiswinter, operationelle Eiskarten

11. 12. 1962



11. 12. 1986



13. 12. 2010

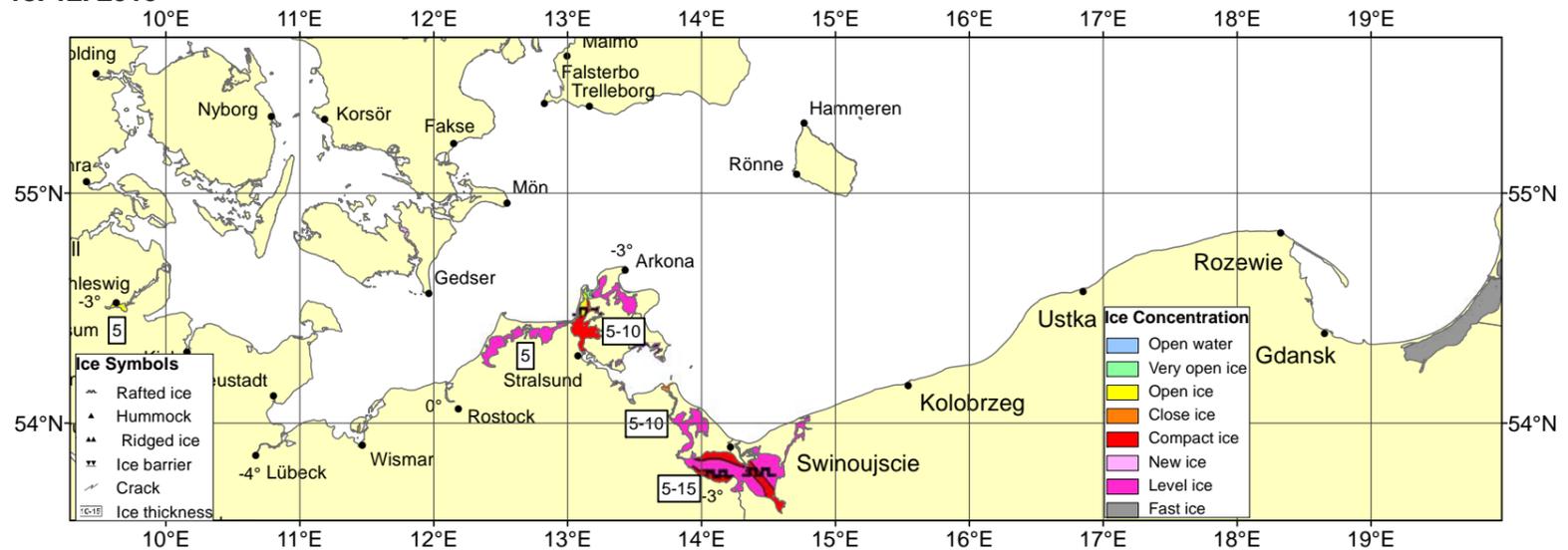
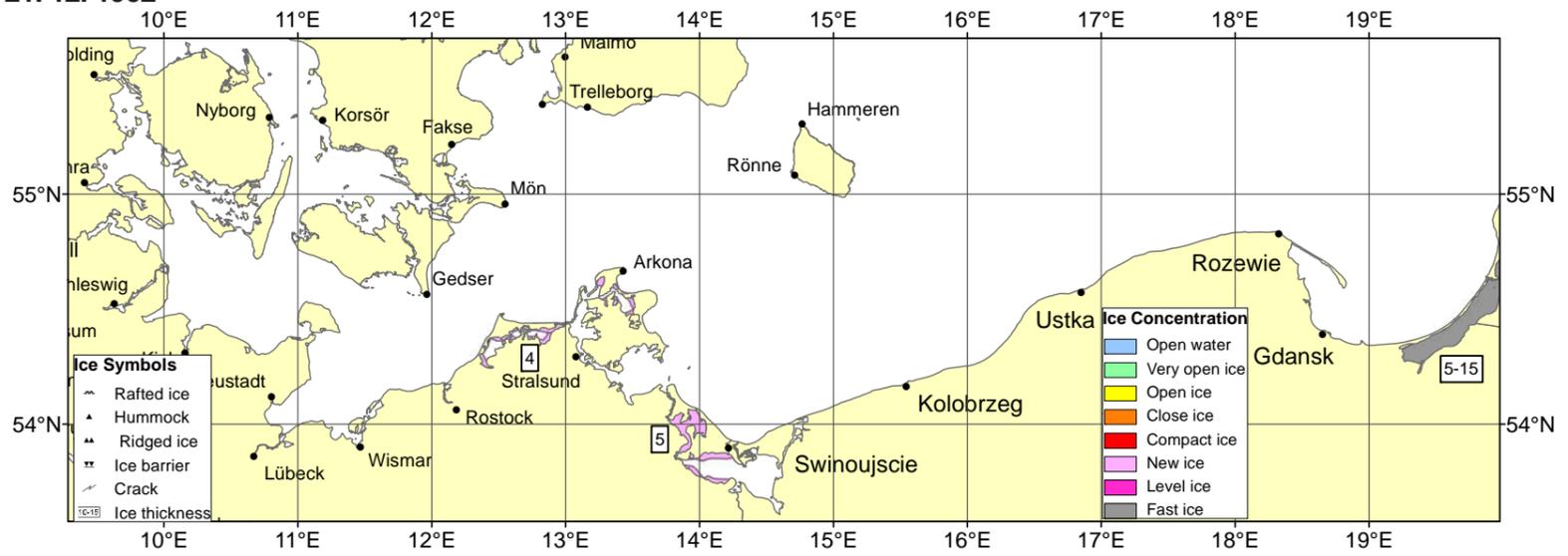
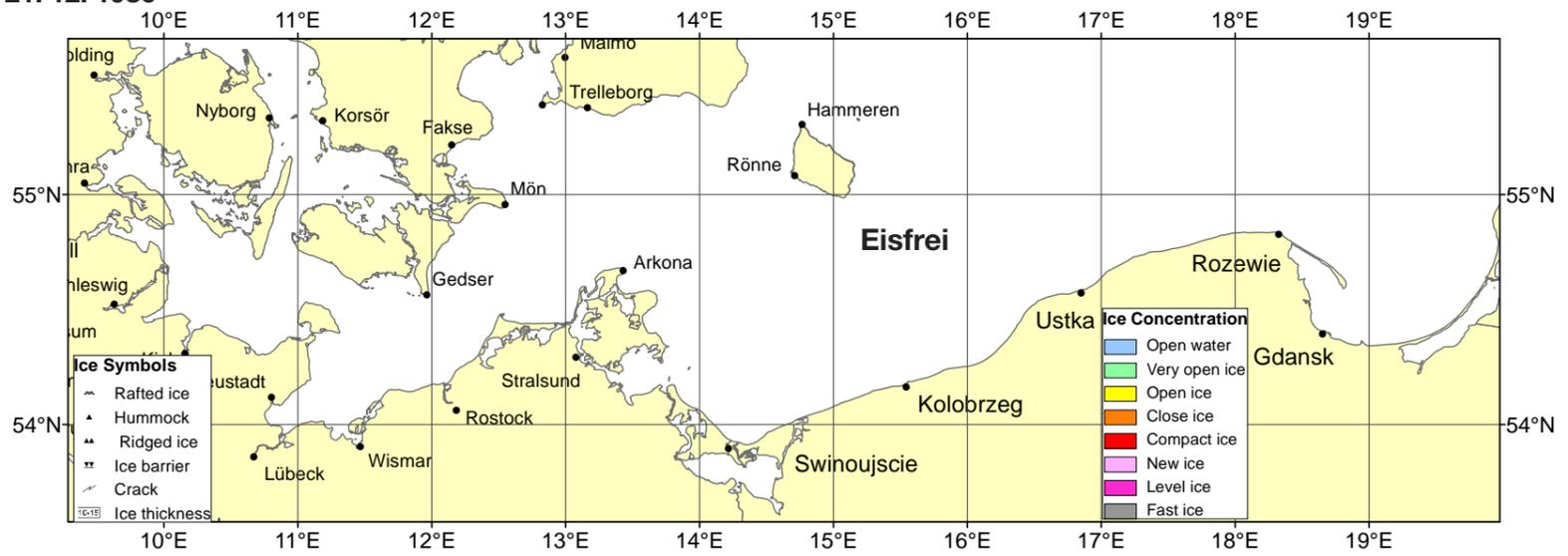


Abb. 8: Eisverhältnisse in der westlichen und südlichen Ostsee am 11. Dezember im extrem starken (1962/63), sehr starken (1986/87) und mäßigen (2010/11) Eiswinter

21. 12. 1962



21. 12. 1986



21. 12. 2010

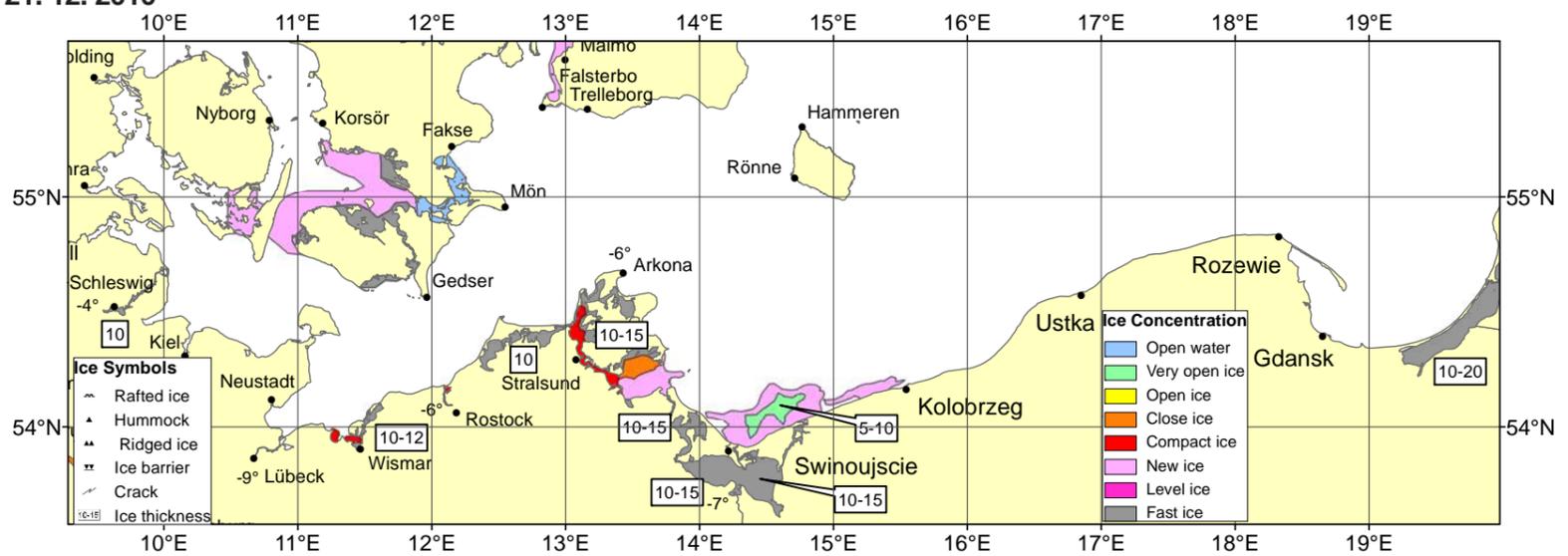
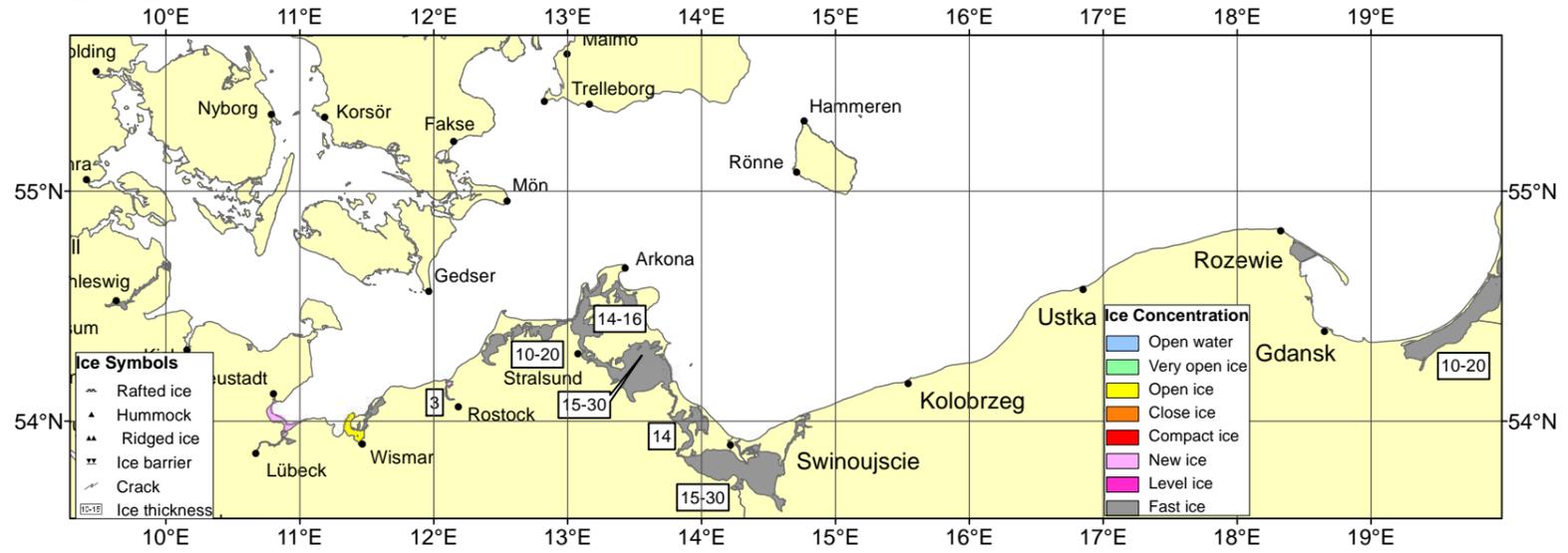
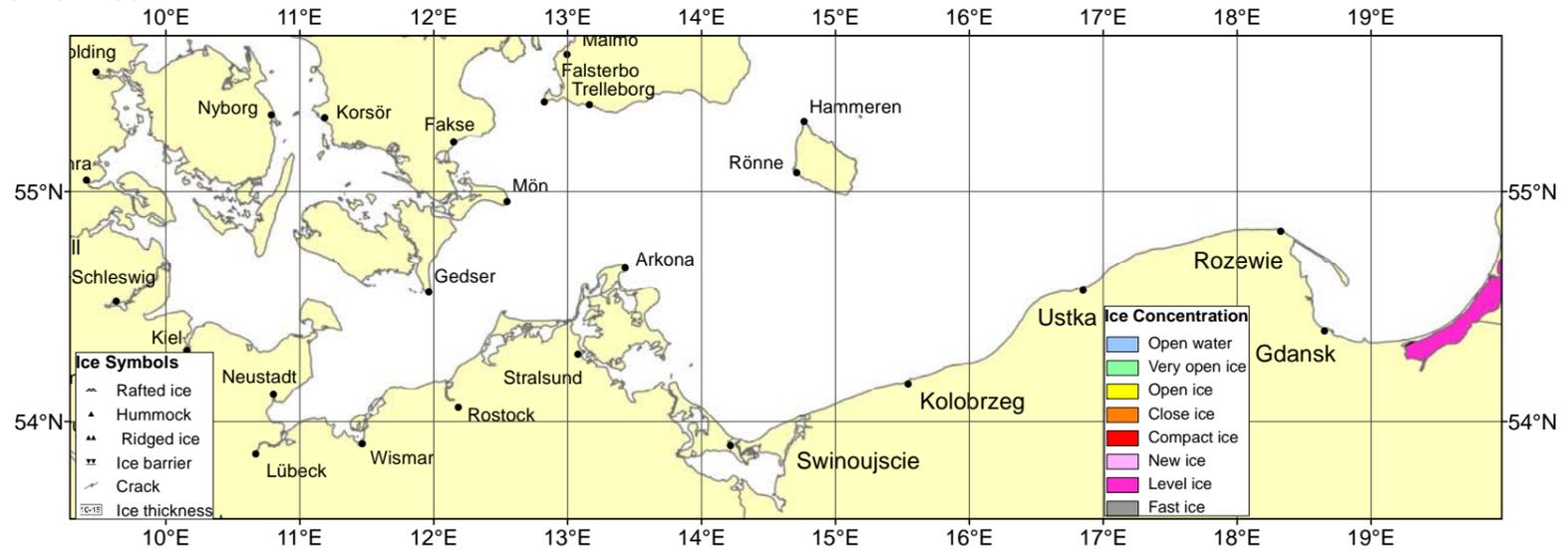


Abb. 9: Eisverhältnisse in der westlichen und südlichen Ostsee am 21. Dezember im extrem starken (1962/63), sehr starken (1986/87) und mäßigen (2010/11) Eiswinter

31. 12. 1962



01. 01. 1987



01. 01. 2011

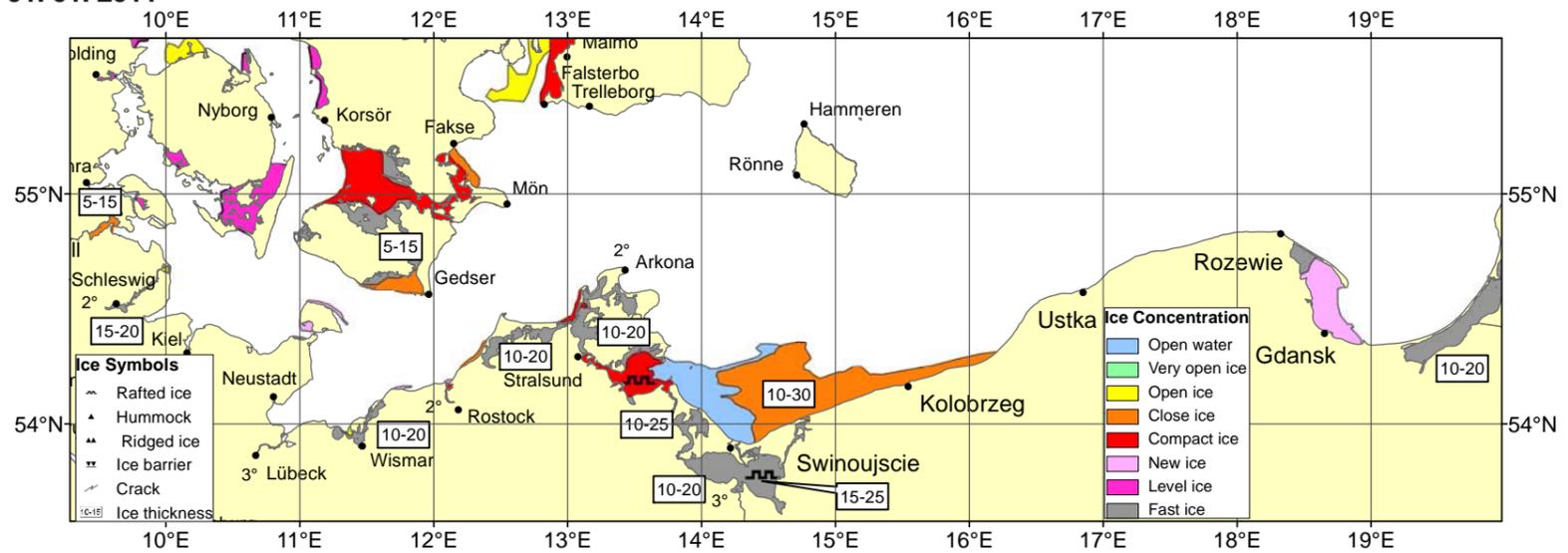
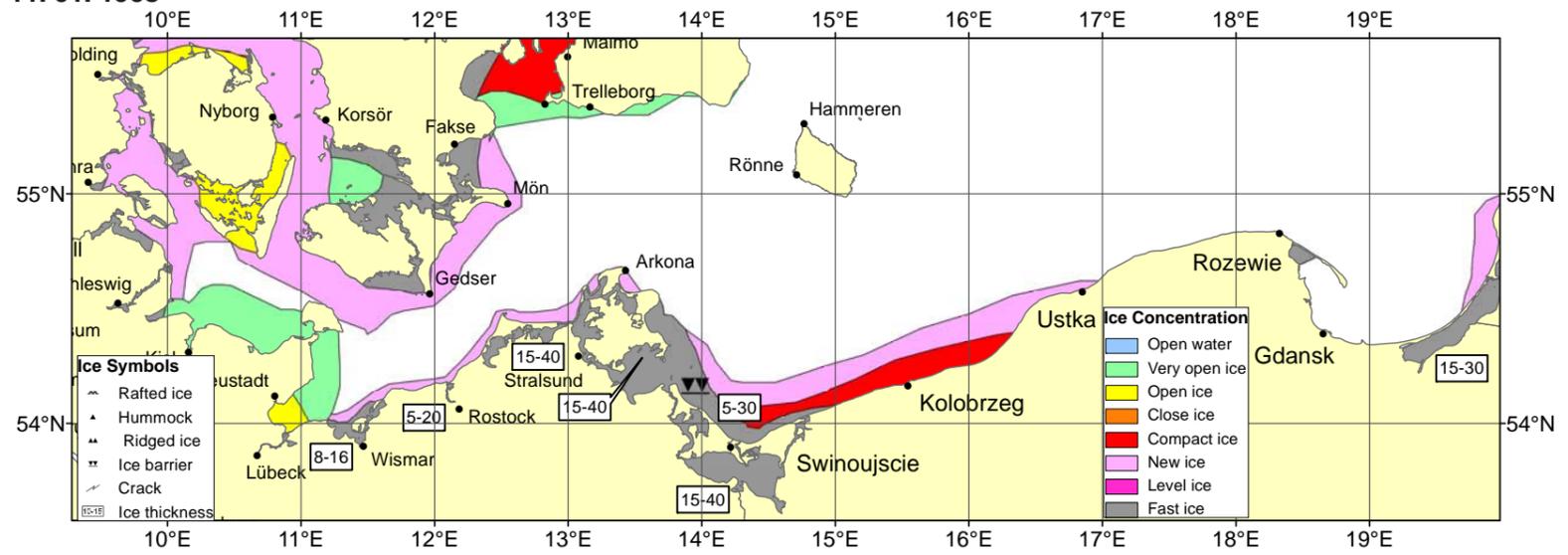
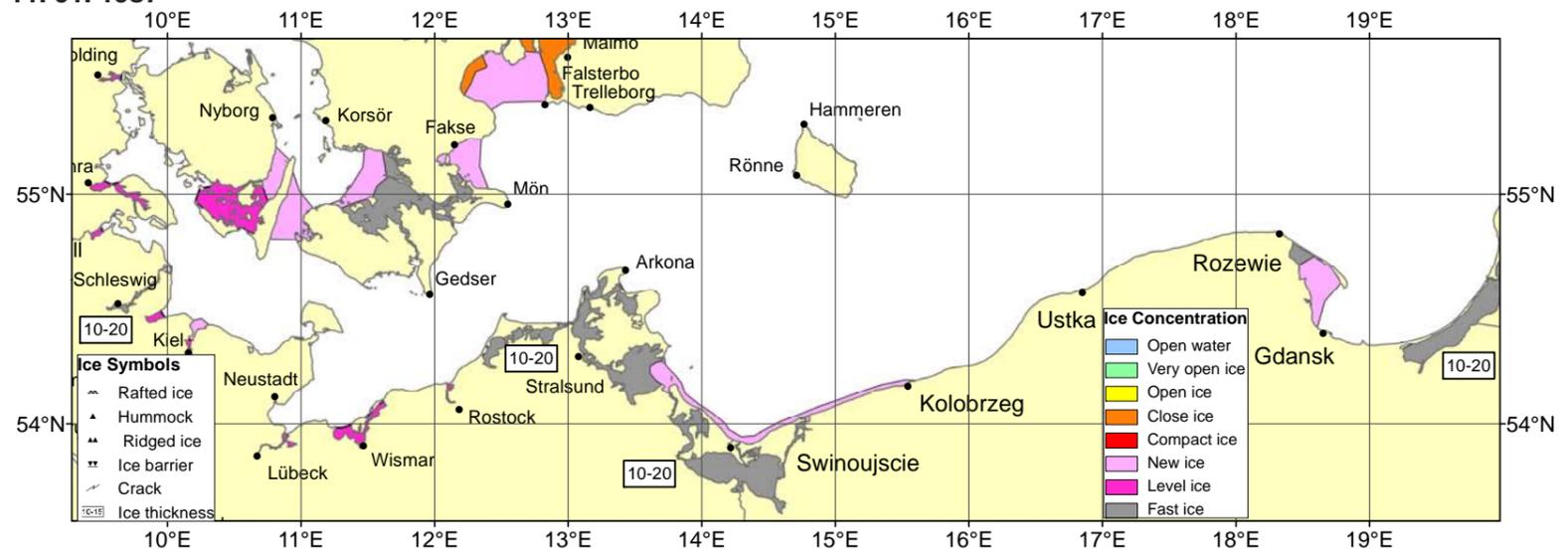


Abb. 10: Eisverhältnisse in der westlichen und südlichen Ostsee am 1. Januar im extrem starken (1962/63), sehr starken (1986/87) und mäßigen (2010/11) Eiswinter

11. 01. 1963



11. 01. 1987



11. 01. 2011

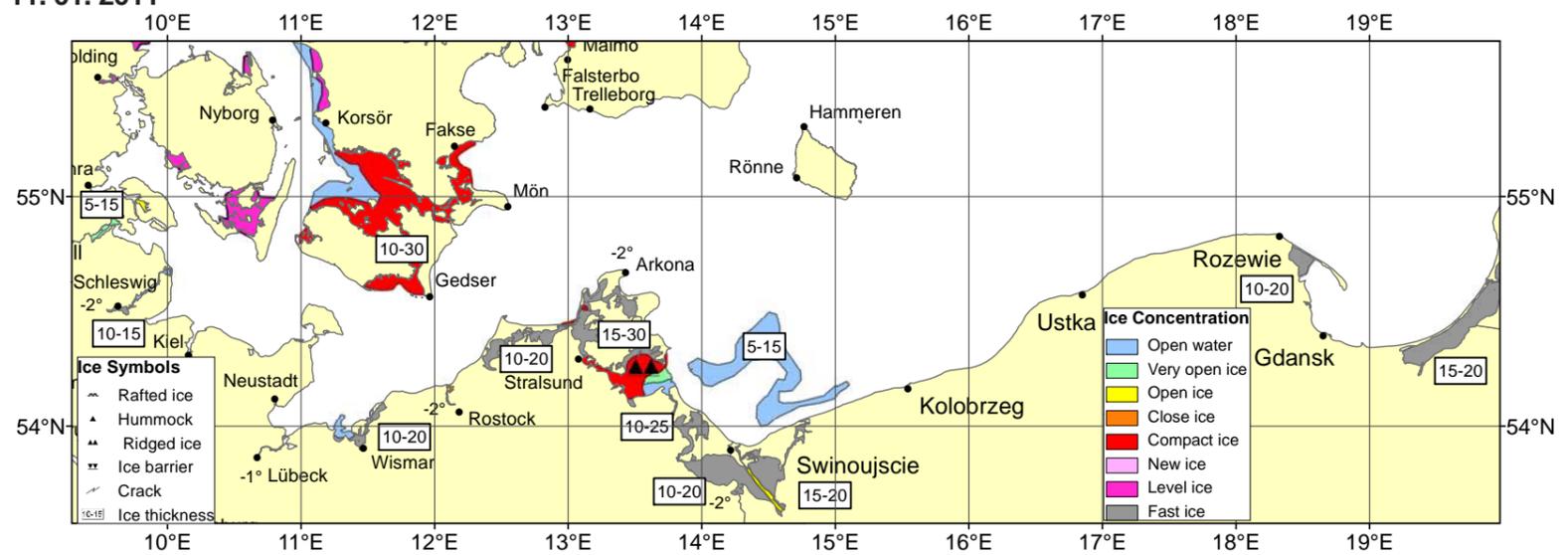
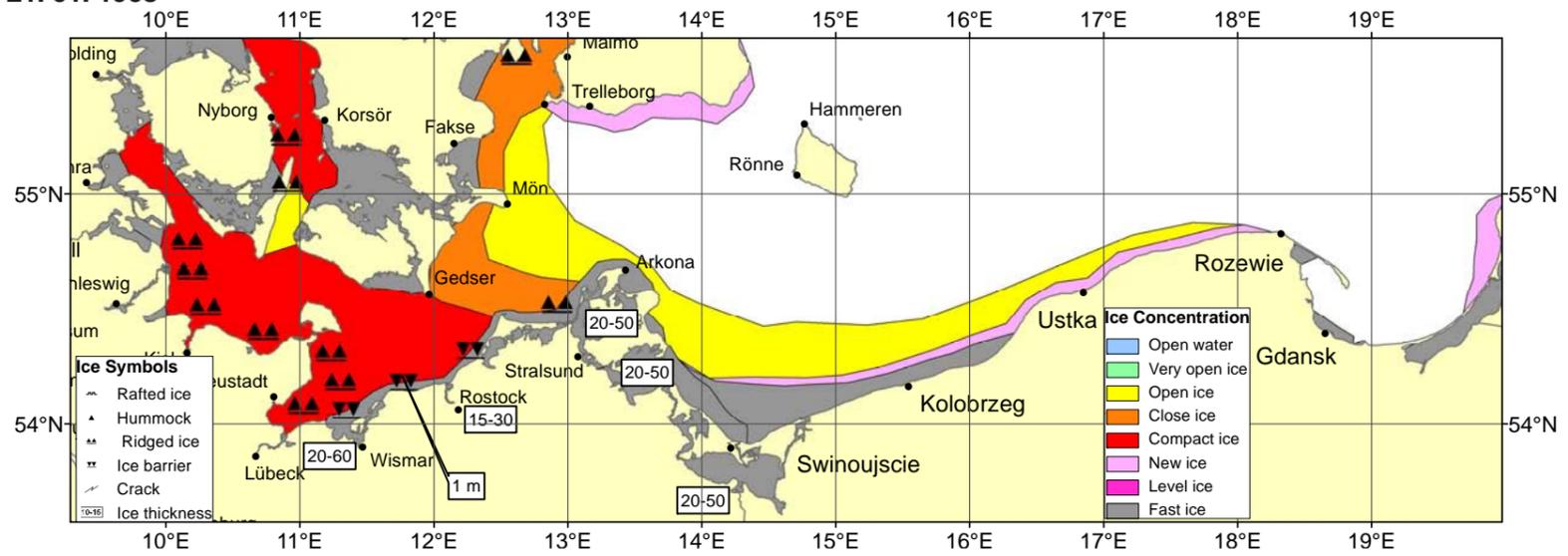
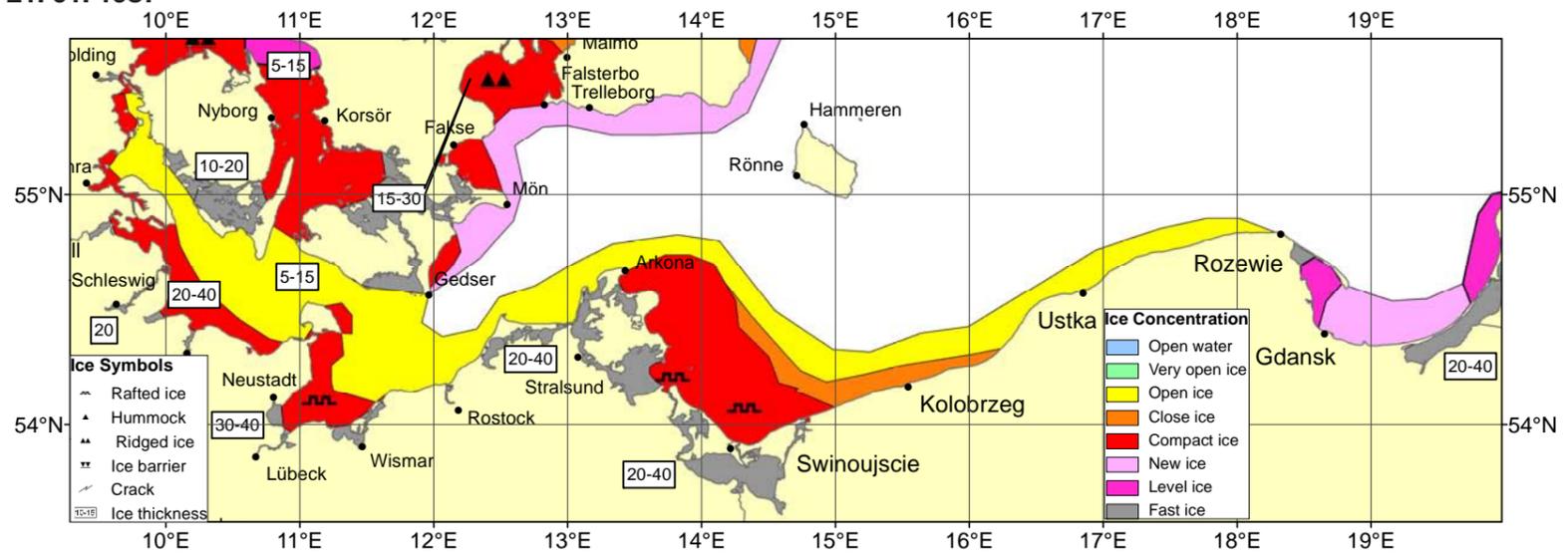


Abb. 11: Eisverhältnisse in der westlichen und südlichen Ostsee am 11. Januar im extrem starken (1962/63), sehr starken (1986/87) und mäßigen (2010/11) Eiswinter

21. 01. 1963



21. 01. 1987



21. 01. 2011

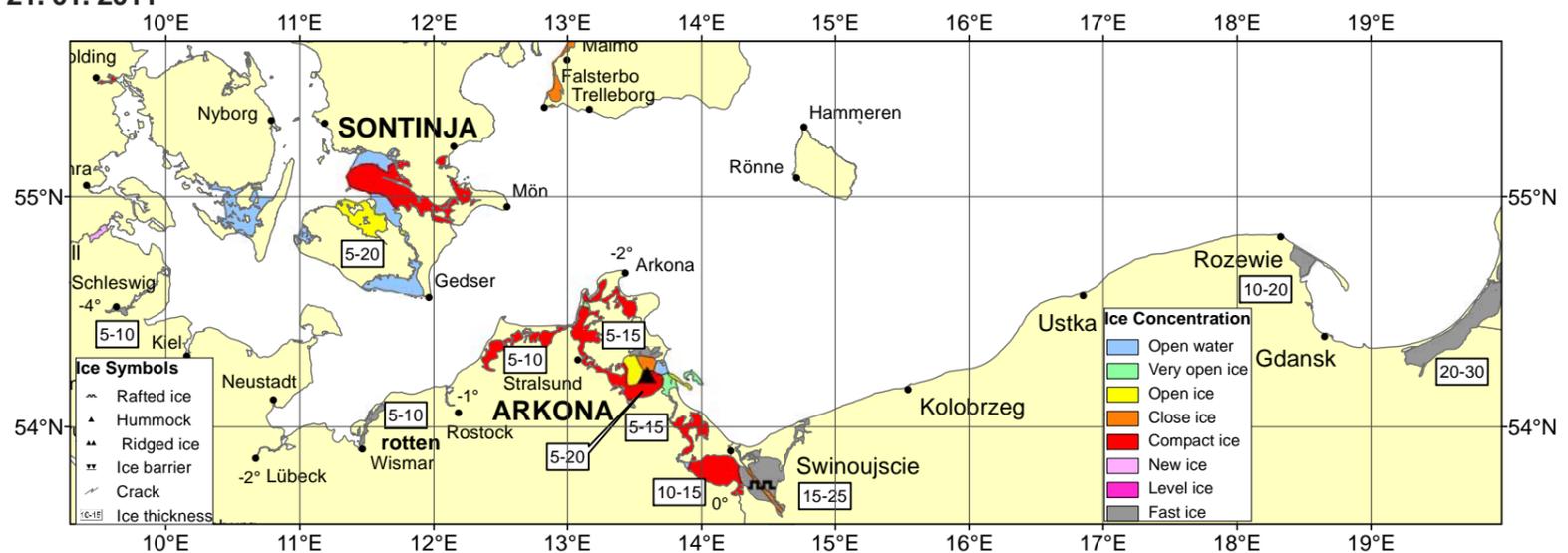
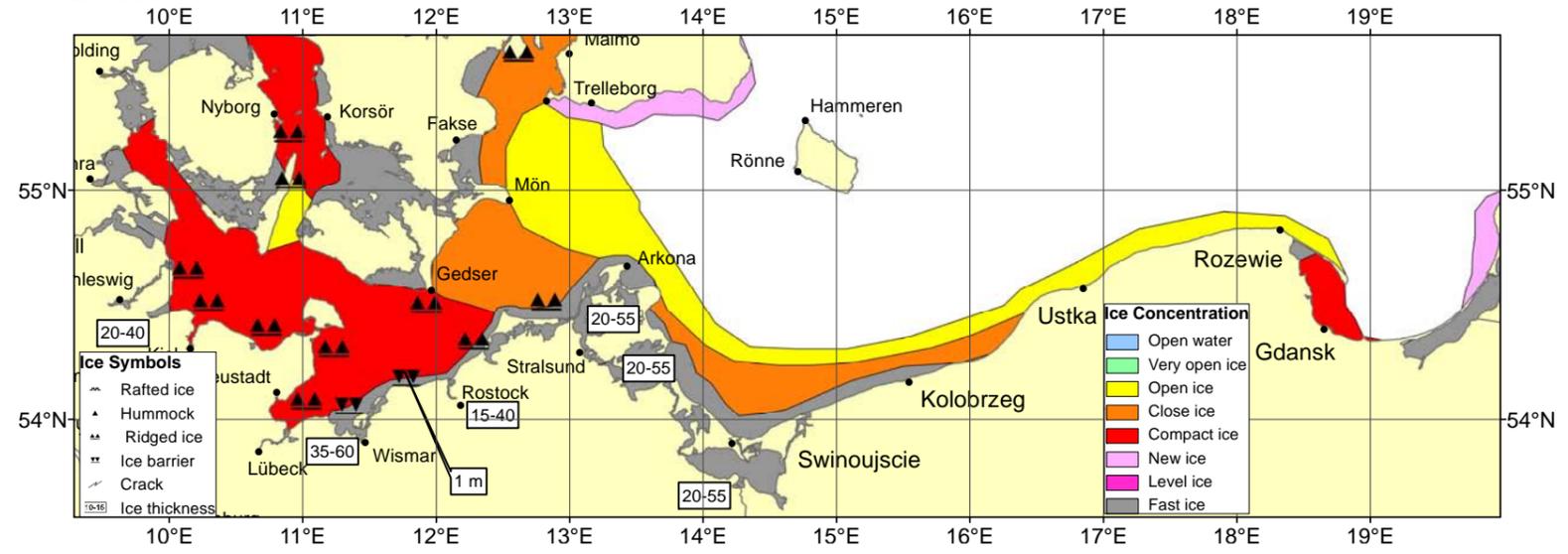
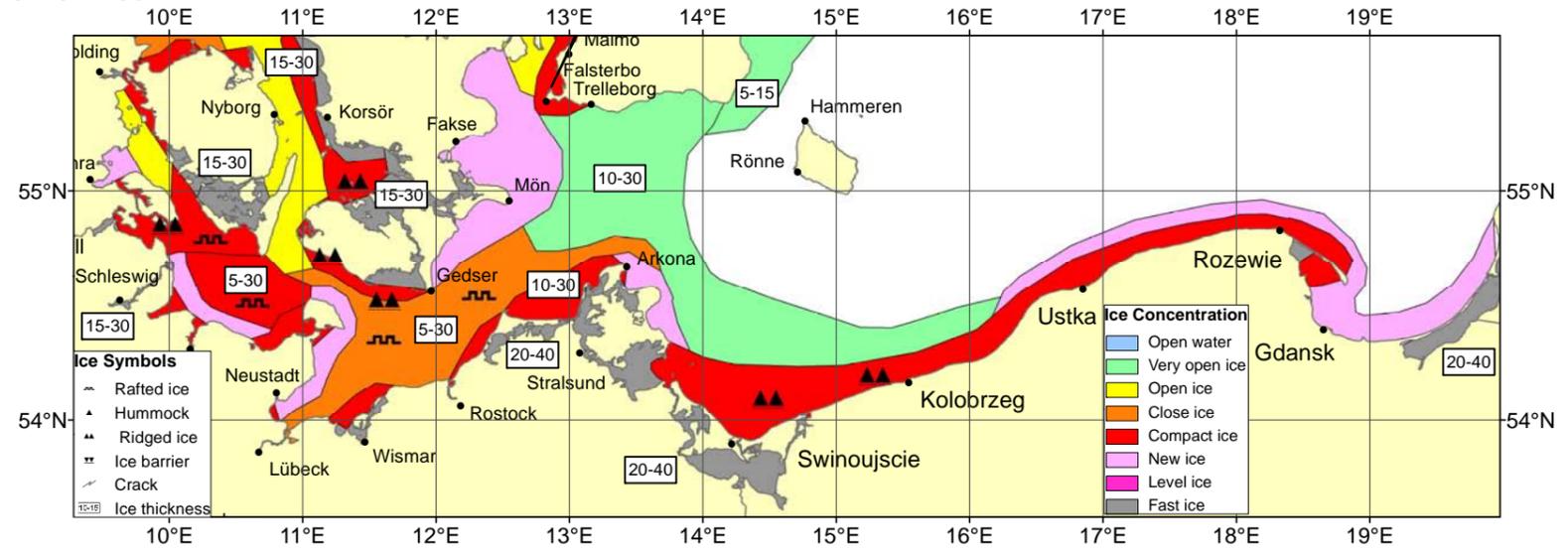


Abb. 12: Eisverhältnisse in der westlichen und südlichen Ostsee am 21. Januar im extrem starken (1962/63), sehr starken (1986/87) und mäßigen (2010/11) Eiswinter

01. 02. 1963



01. 02. 1987



01. 02. 2011

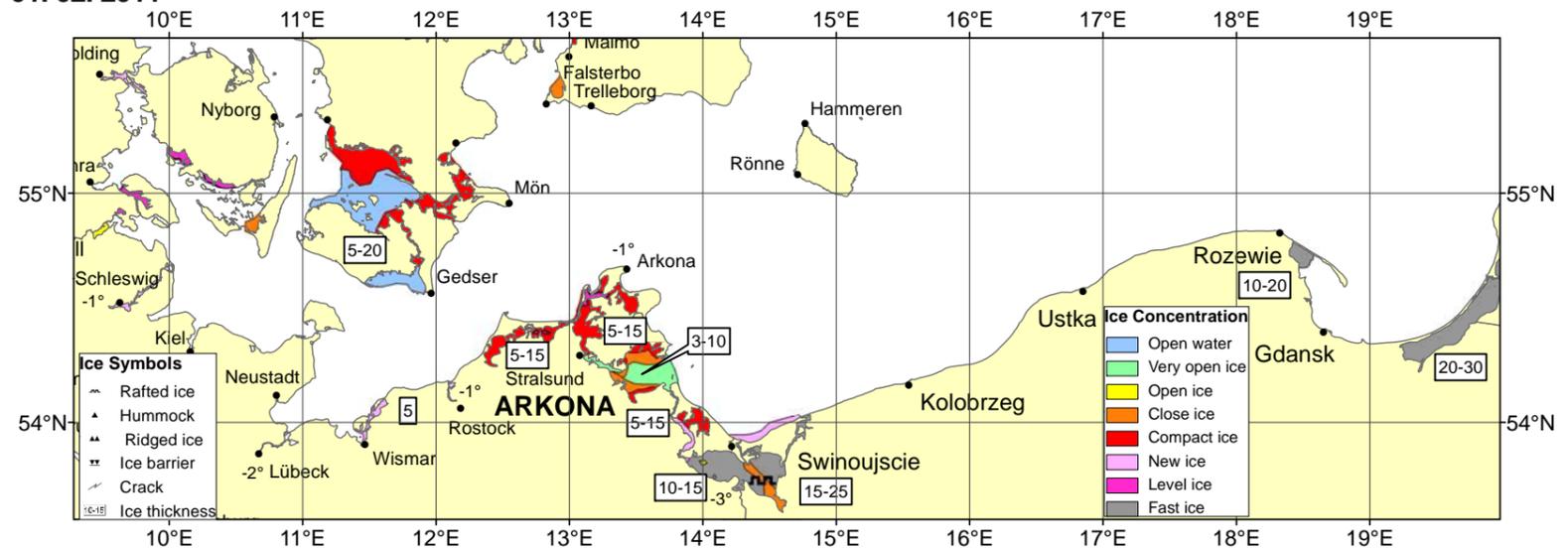
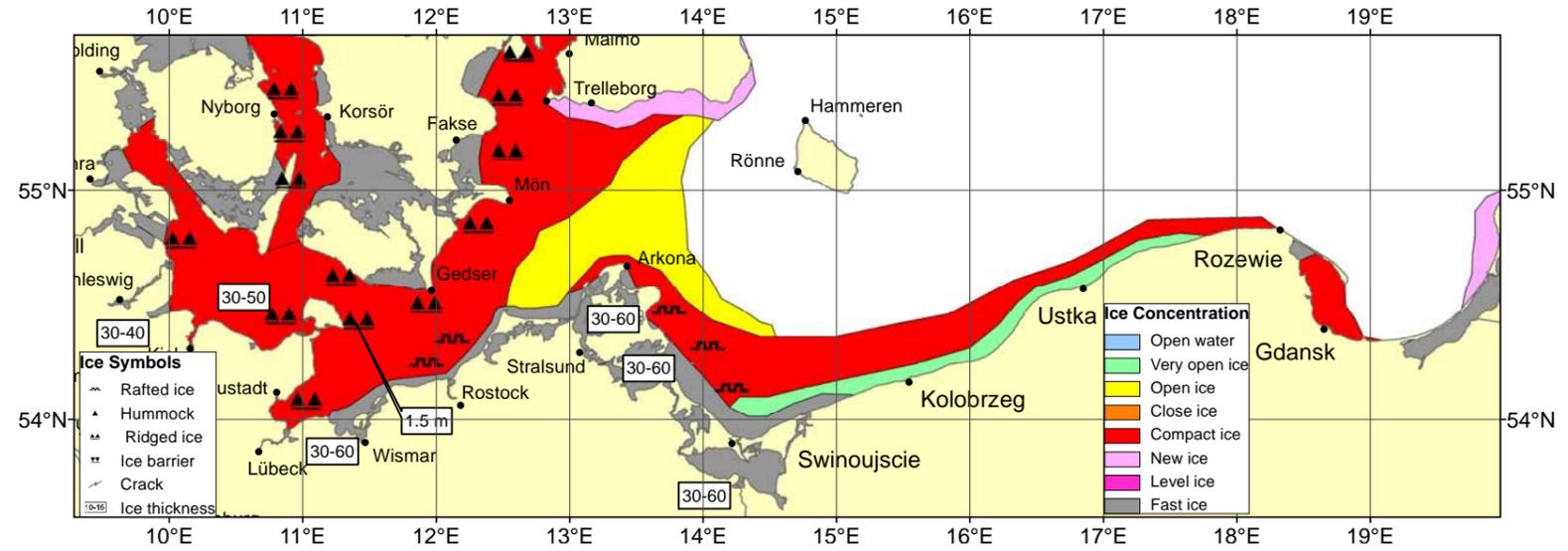
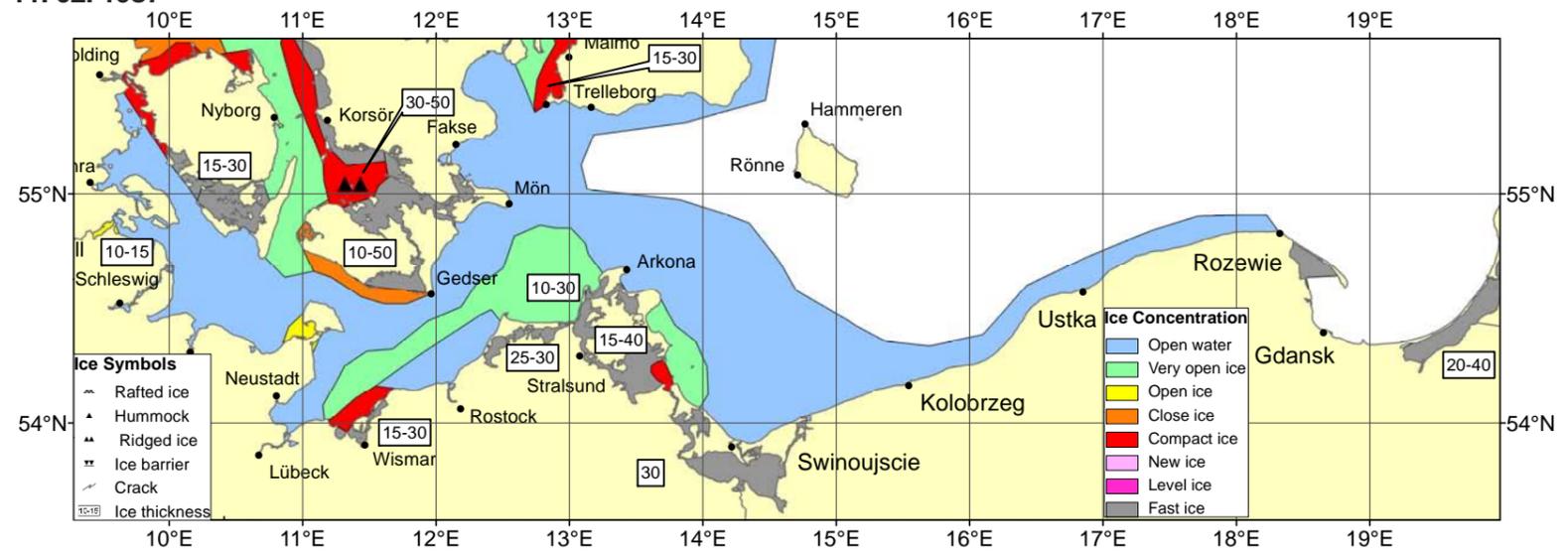


Abb. 13: Eisverhältnisse in der westlichen und südlichen Ostsee am 1. Februar im extrem starken (1962/63), sehr starken (1986/87) und mäßigen (2010/11) Eiswinter

11. 02. 1963



11. 02. 1987



14. 02. 2011

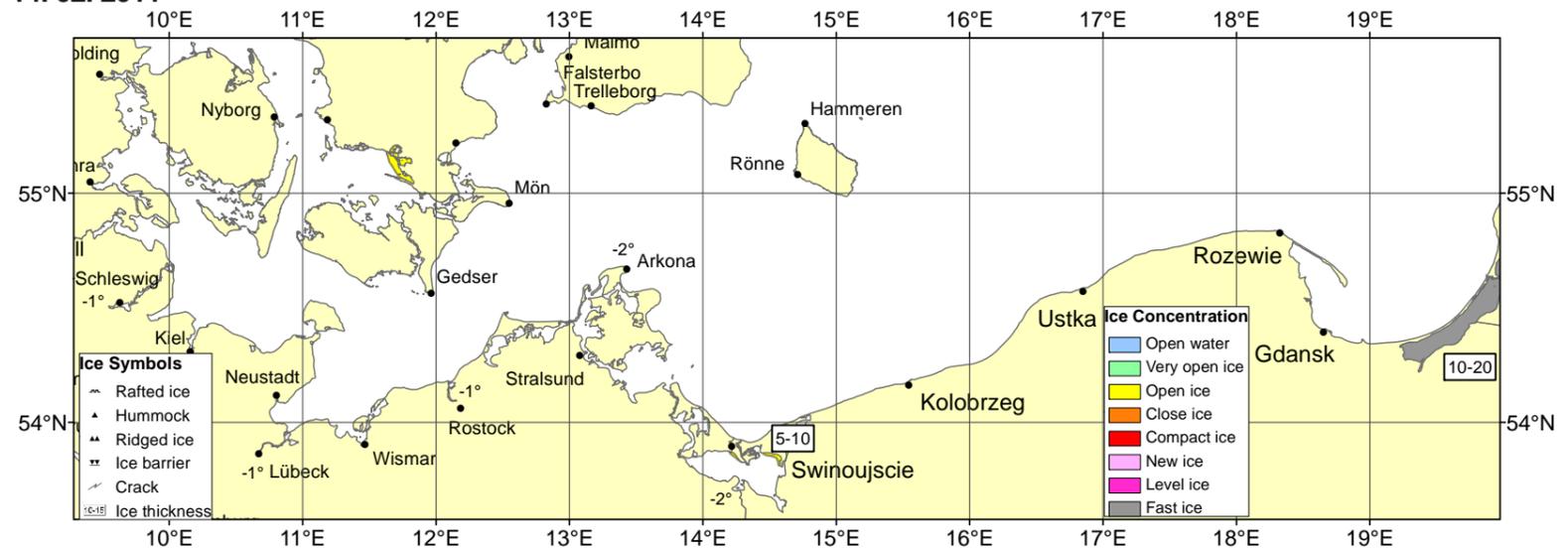
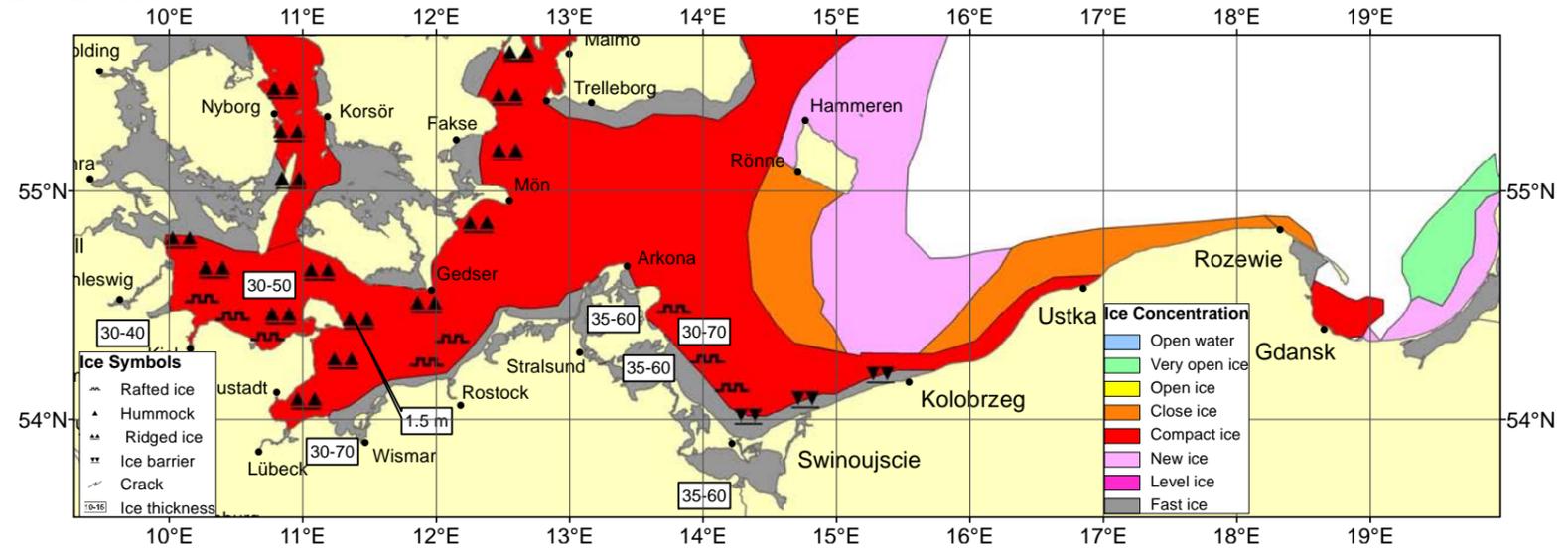
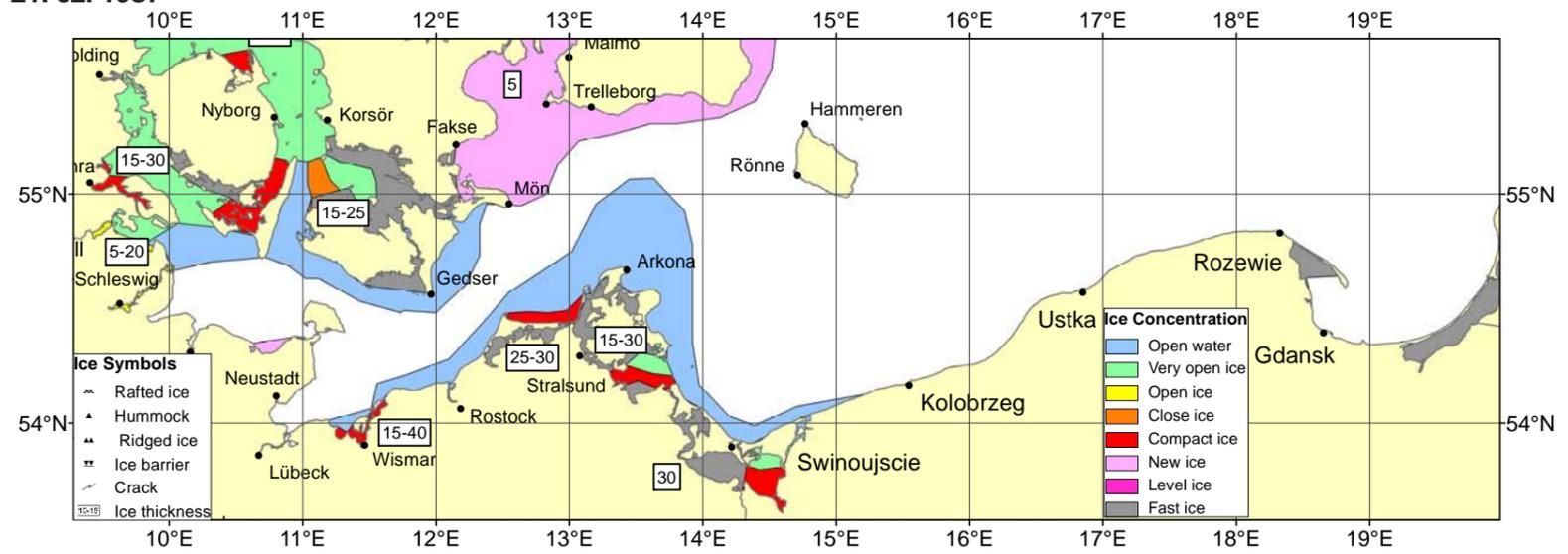


Abb. 14: Eisverhältnisse in der westlichen und südlichen Ostsee am 11. Februar im extrem starken (1962/63), sehr starken (1986/87) und mäßigen (2010/11) Eiswinter

21. 02. 1963



21. 02. 1987



21. 02. 2011

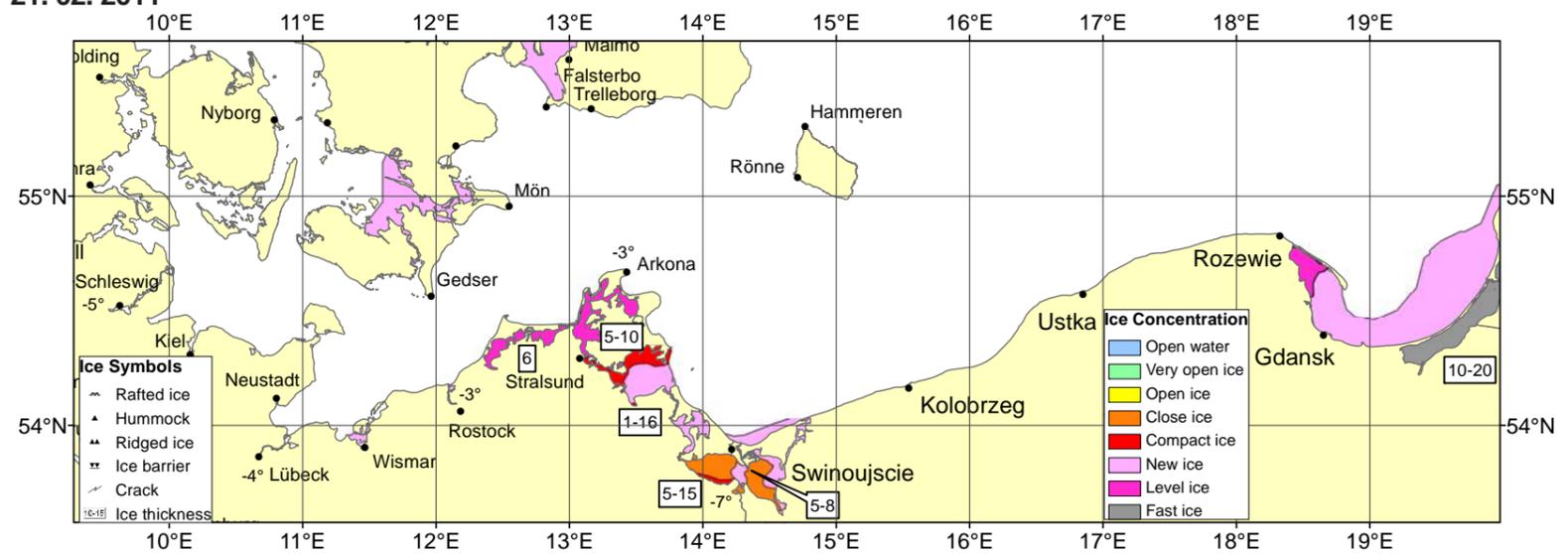
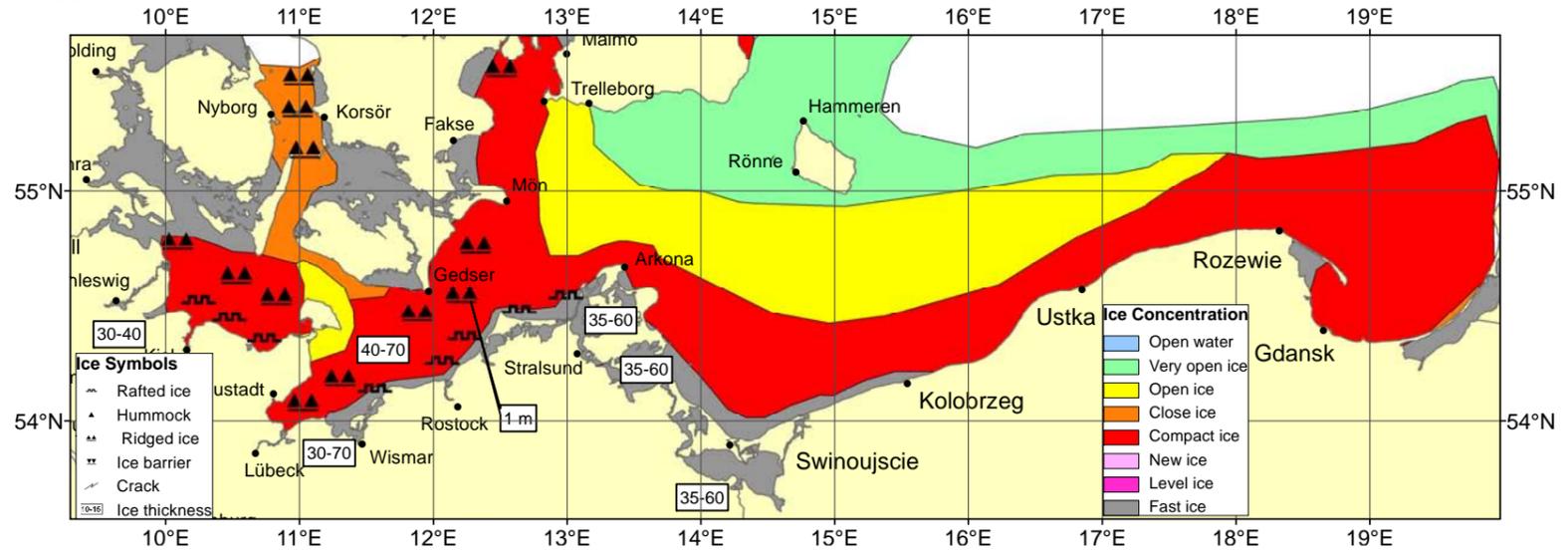
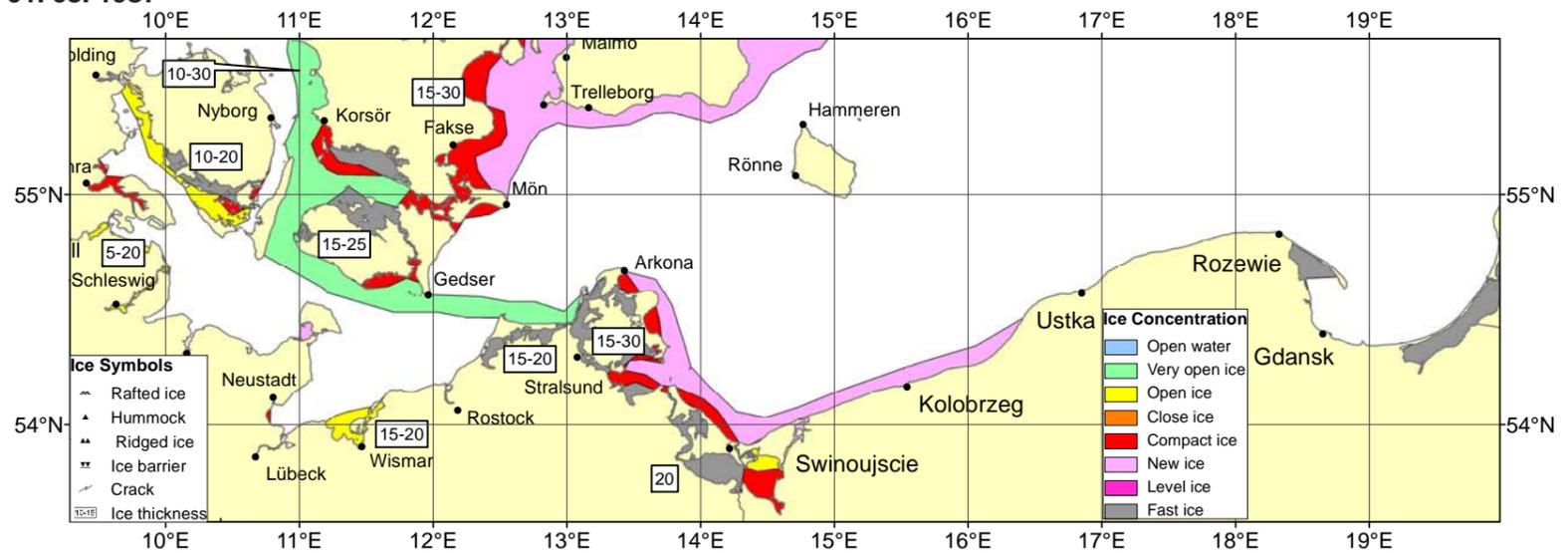


Abb. 15: Eisverhältnisse in der westlichen und südlichen Ostsee am 21. Februar im extrem starken (1962/63), sehr starken (1986/87) und mäßigen (2010/11) Eiswinter

01.03.1963



01.03.1987



01.03.2011

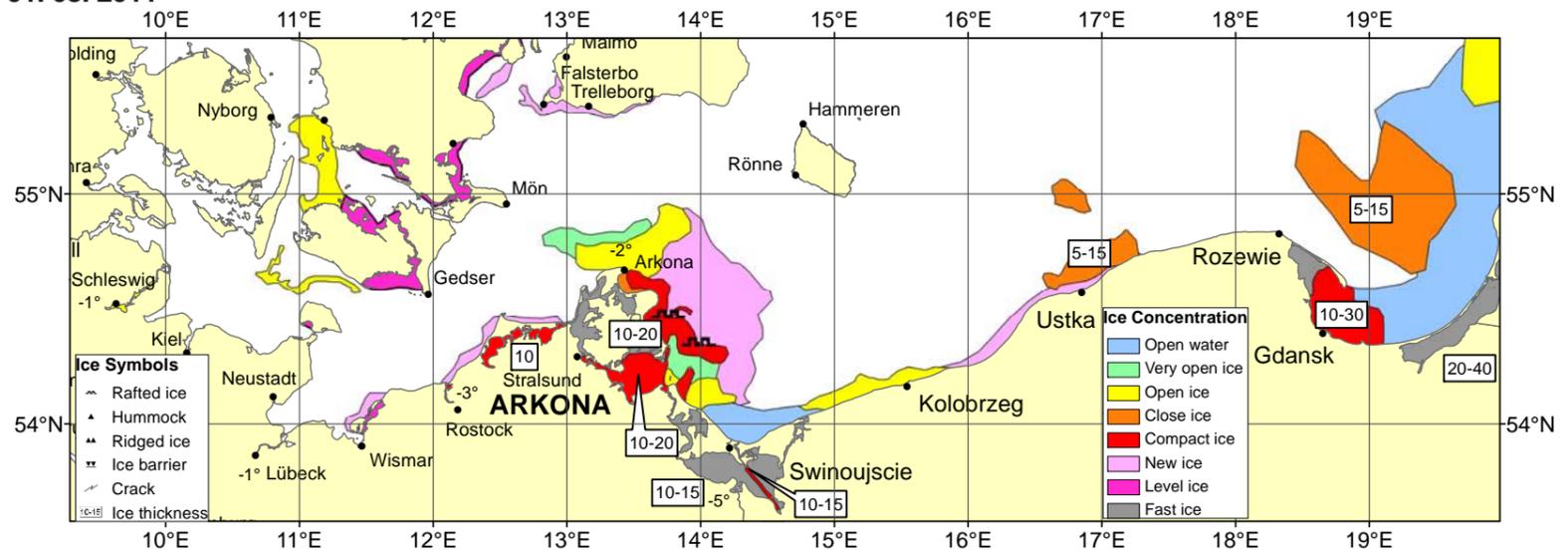
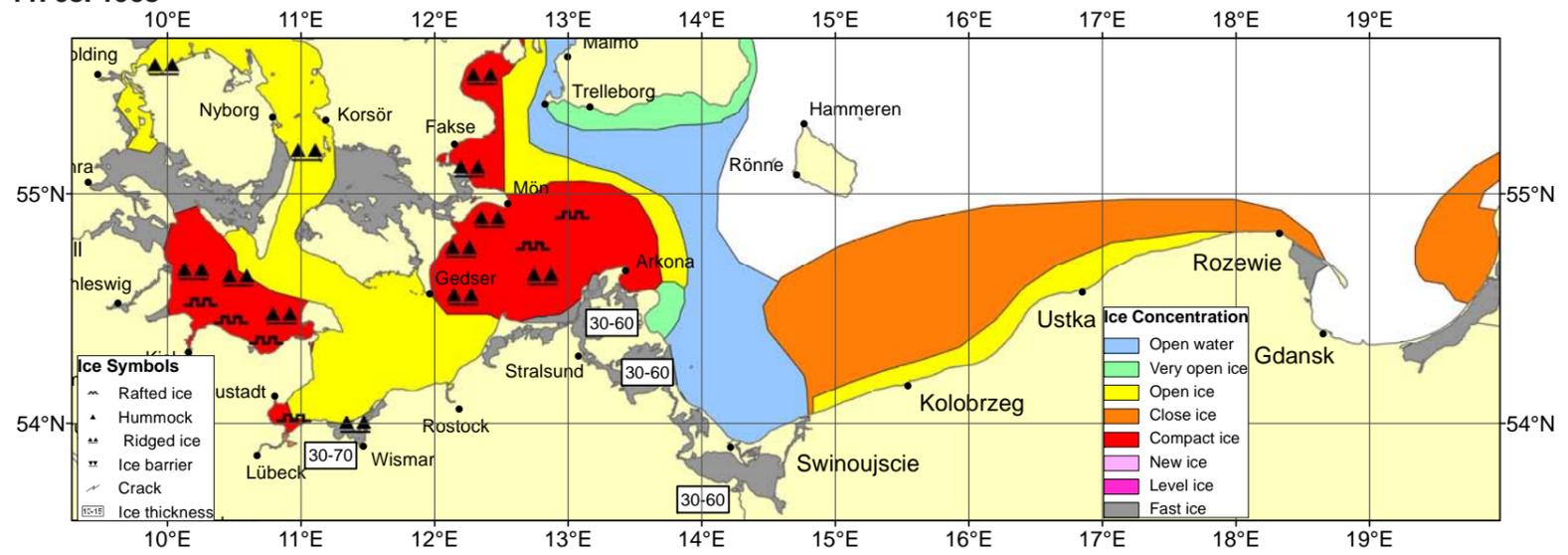
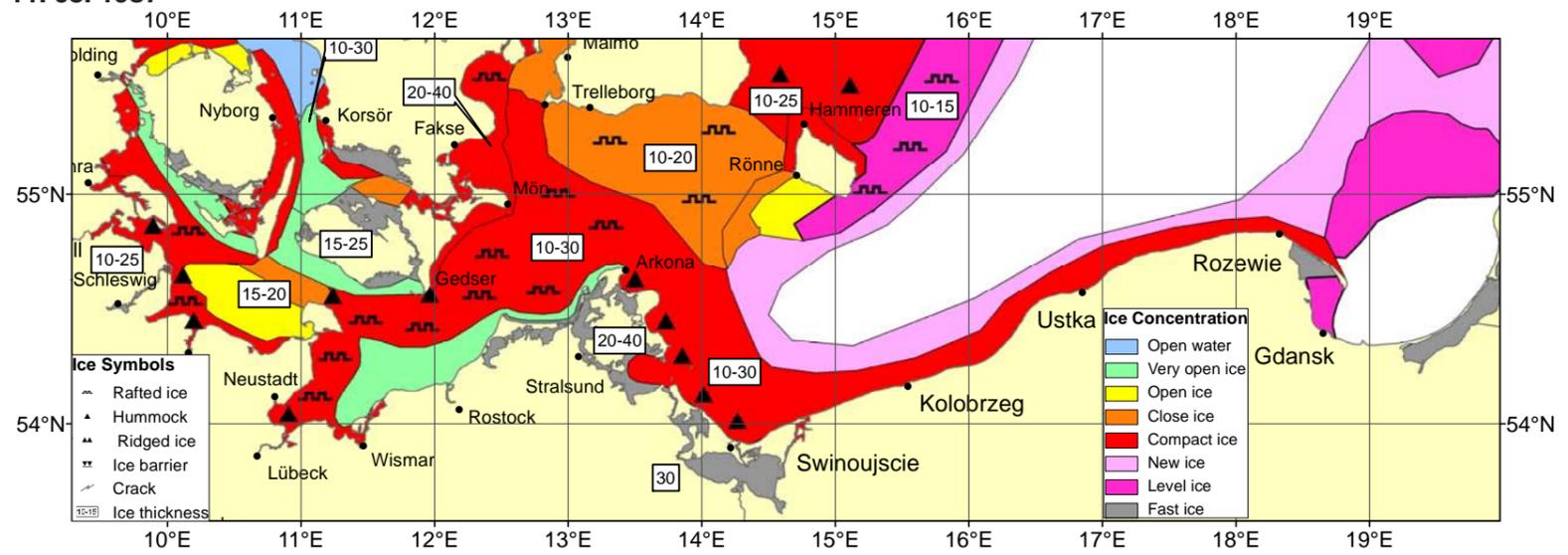


Abb. 16: Eisverhältnisse in der westlichen und südlichen Ostsee am 1. März im extrem starken (1962/63), sehr starken (1986/87) und mäßigen (2010/11) Eiswinter

11. 03. 1963



11. 03. 1987



11. 03. 2011

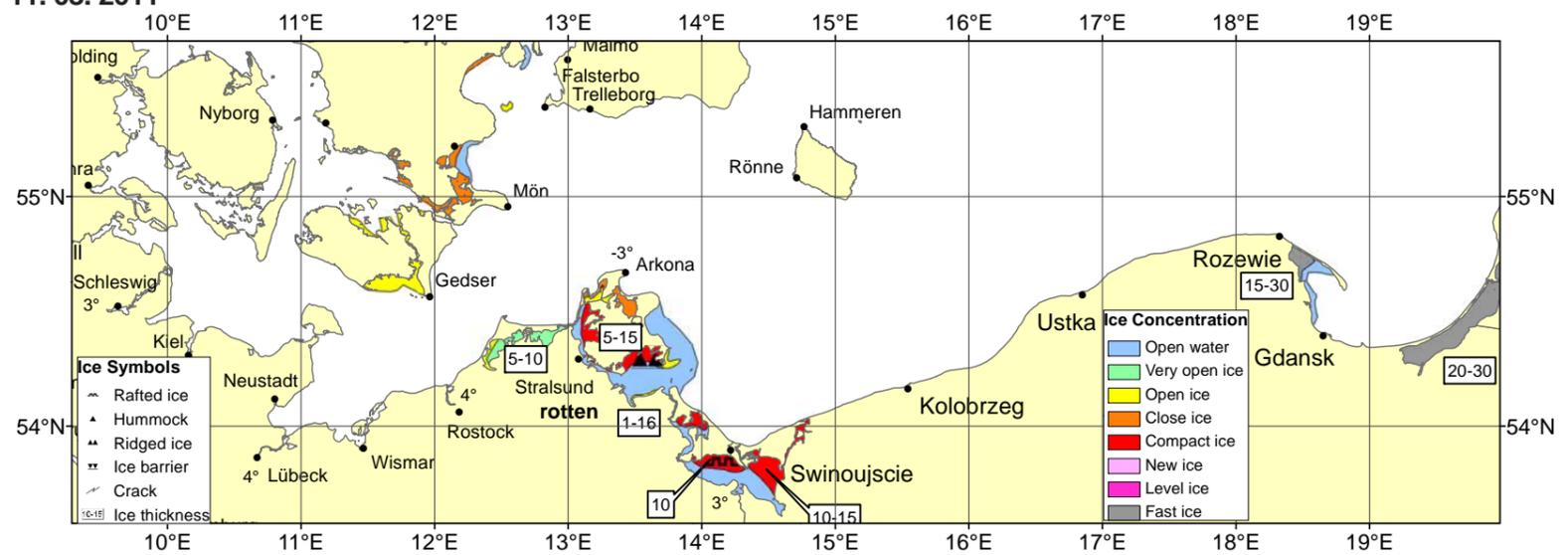
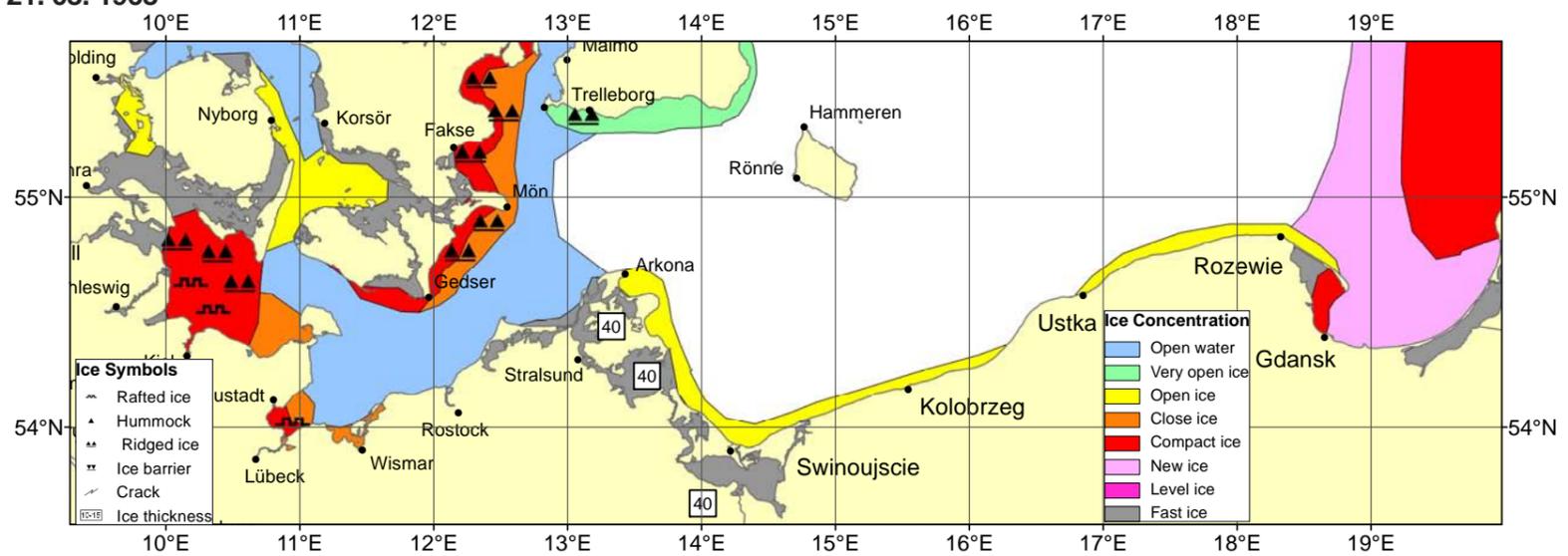
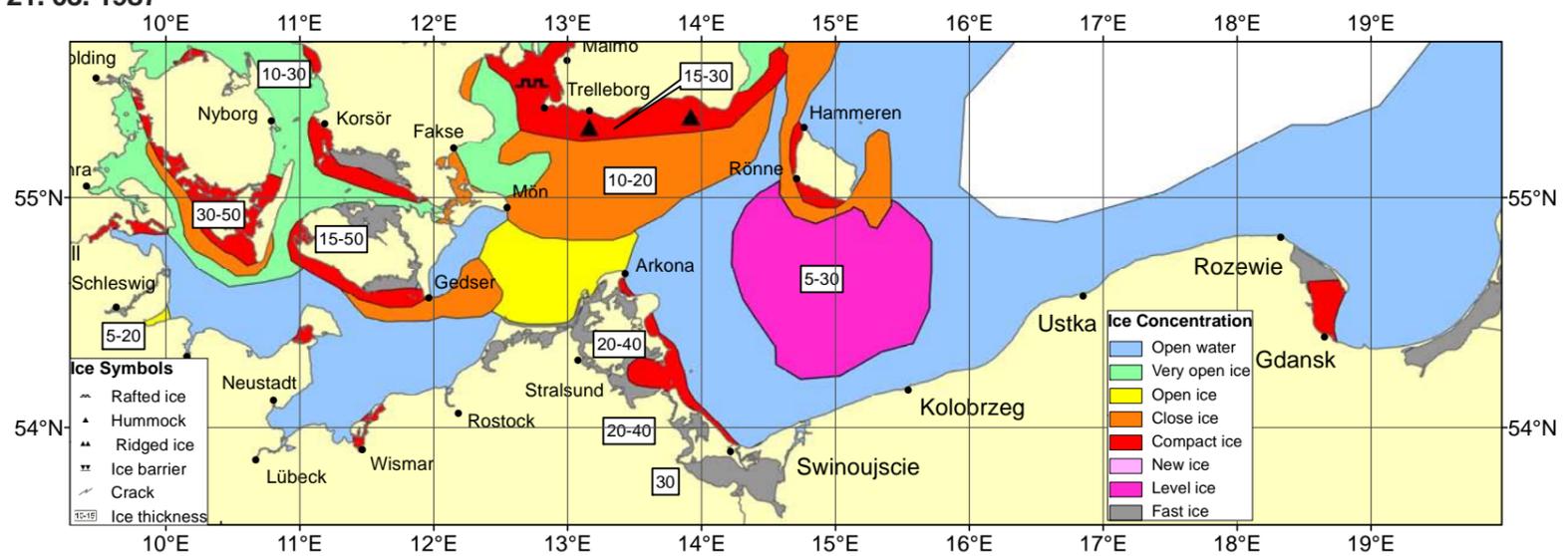


Abb. 17: Eisverhältnisse in der westlichen und südlichen Ostsee am 11. März im extrem starken (1962/63), sehr starken (1986/87) und mäßigen (2010/11) Eiswinter

21. 03. 1963



21. 03. 1987



21. 03. 2011

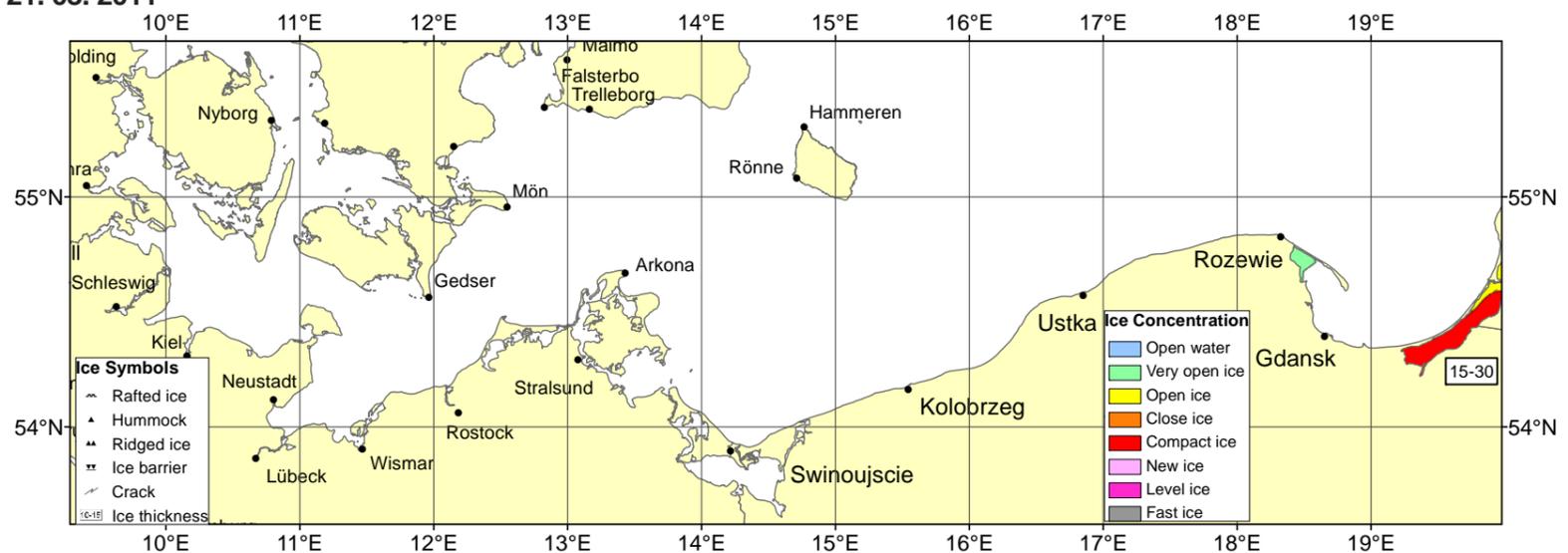
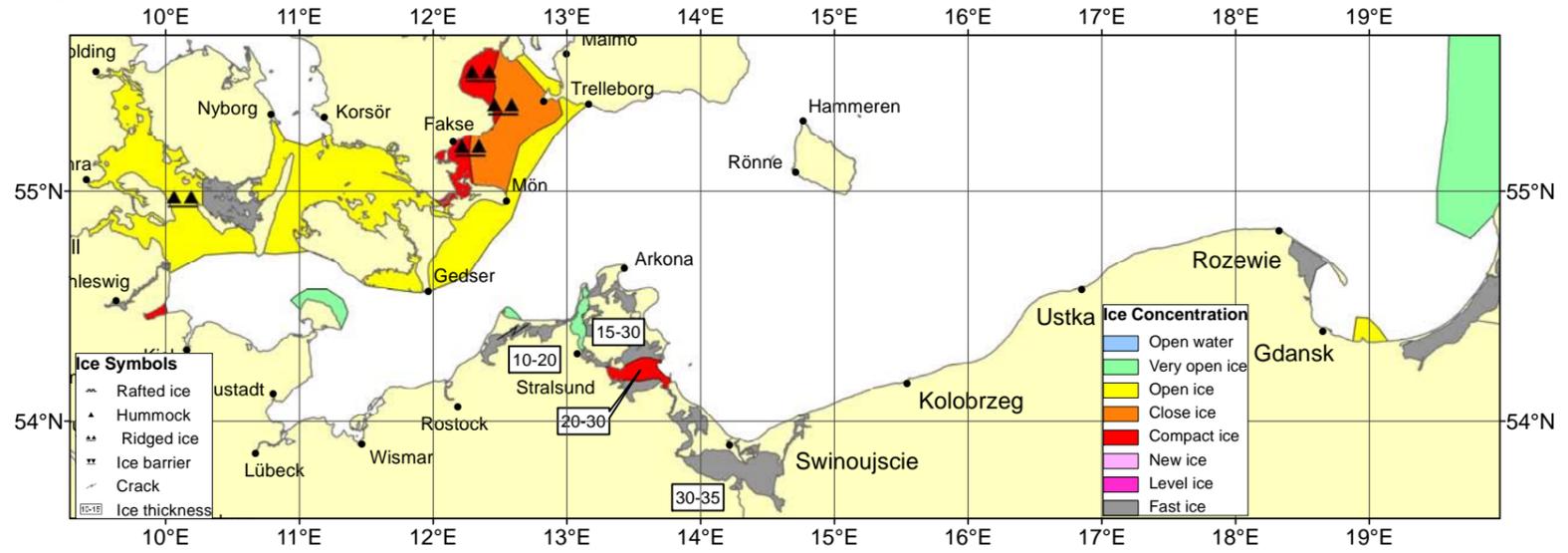
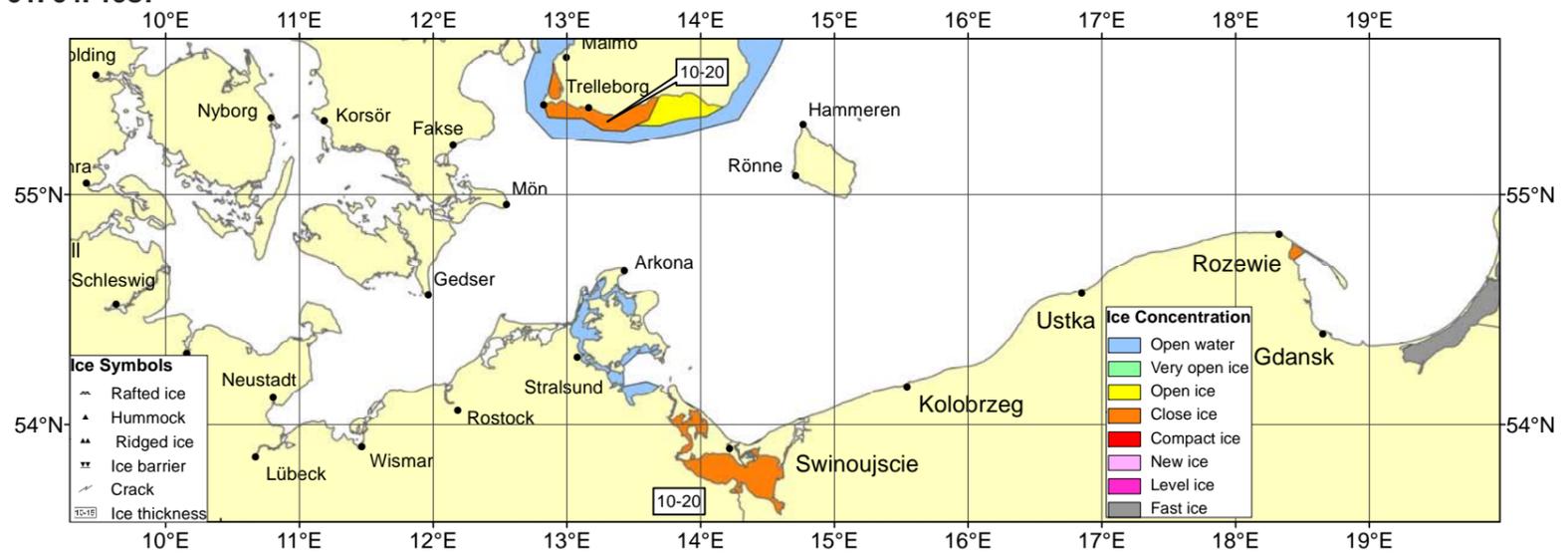


Abb. 18: Eisverhältnisse in der westlichen und südlichen Ostsee am 21. März im extrem starken (1962/63), sehr starken (1986/87) und mäßigen (2010/11) Eiswinter

01. 04. 1963



01. 04. 1987



31. 03. 2011

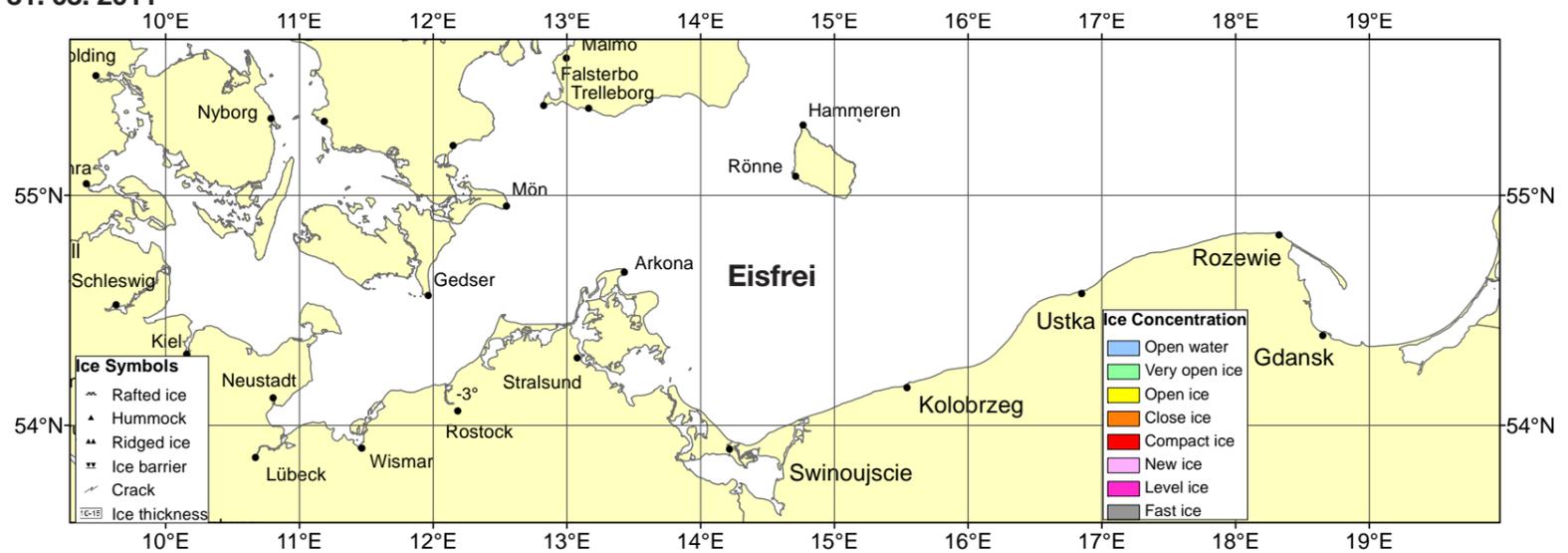
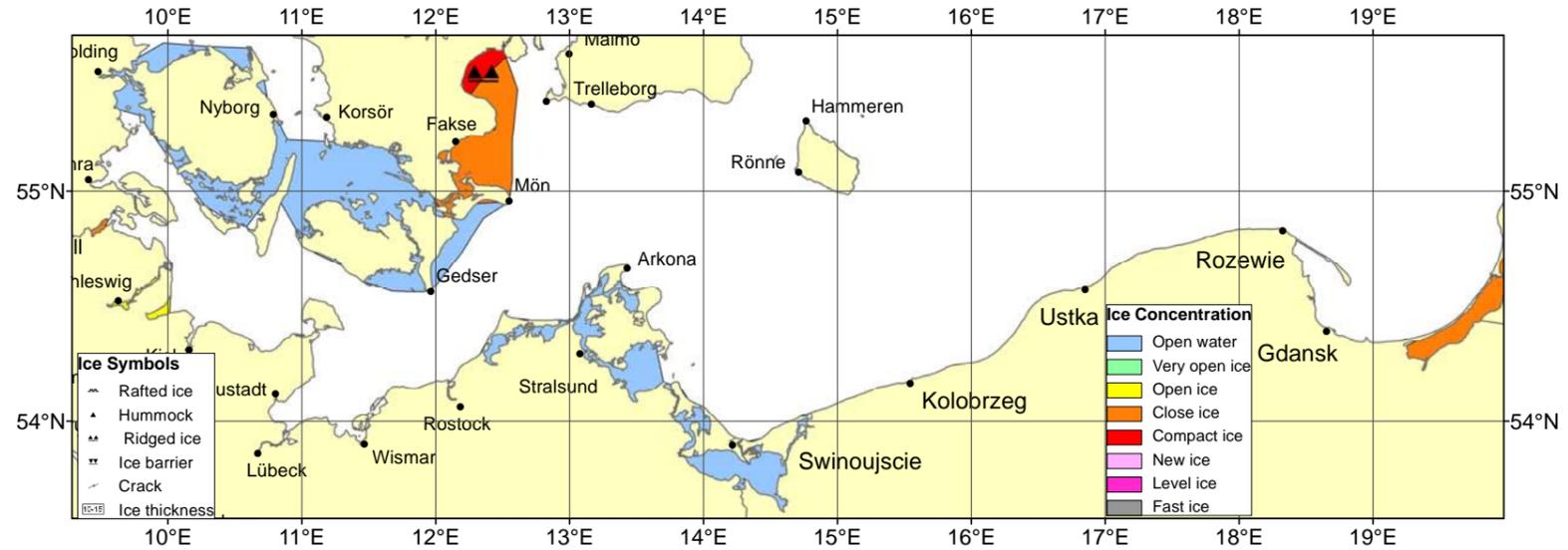


Abb. 19: Eisverhältnisse in der westlichen und südlichen Ostsee am 1. April im extrem starken (1962/63), sehr starken (1986/87) und mäßigen (2010/11) Eiswinter

11. 04. 1963



11. 04. 1987

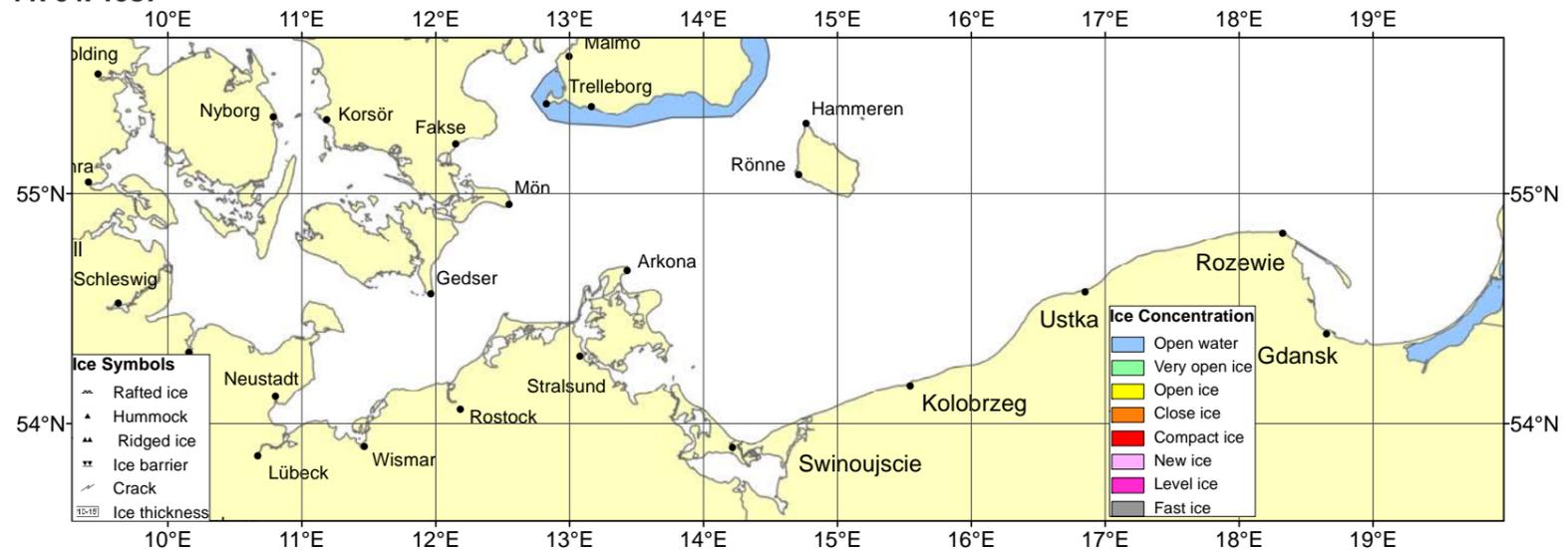


Abb. 20: Eisverhältnisse in der westlichen und südlichen Ostsee am 11. April im extrem starken (1962/63) und sehr starken (1986/87) Eiswinter

Temperaturverhältnisse in einem extrem starken (1962/63), sehr starken (1986/87) und mäßigen (2010/11) Eiswinter

Die Vereisung der Gewässer in der westlichen und südlichen Ostsee hängt hauptsächlich von der Dauer und Stärke des Frostes sowie von der Anzahl und Länge der Eisperioden ab. Wann die Eisbildung anfängt, hat wenig Bedeutung auf den weiteren Verlauf des Winters. Wenn die Eisbildung sehr früh beginnt, bedeutet das nicht, dass der Eiswinter stark oder sehr stark sein wird. In den Abb. 21–23 ist die Änderung der Lufttemperatur in den Wintermonaten des extrem starken (1962/63), sehr starken (1986/87) und mäßigen (2010/11) Eiswinters für die Stationen Schleswig, Rostock-Warnemünde und Greifswald dargestellt. In den Tabellen 2–4 sind die Monatsmittelwerte der Lufttemperatur und deren Abweichungen vom Klimamittel 1961–1990 zusammengefasst. Die Temperaturentwicklung in den drei Wintern verläuft unterschiedlich und ist ausschlaggebend für die produzierte Eismenge. Im **extrem starken** Eiswinter 1962/63 lagen die Tagesmittel der Lufttemperatur noch bis Mitte Dezember im positiven Bereich. Danach gab es eine durchgehende Kälteperiode mit Dauerfrost, die erst Anfang März endete. Die Tagesmitteltemperaturen in dieser Periode lagen meist zwischen -5 und -10 °C, nachts oft darunter. In diesem Winter dominierten die Wetterlagen, die zu rascher Eiszunahme führen, z. B. Hoch über Skandinavien und dem Nordmeer. Häufige Vorstöße arktischer Polarluft bis nach Mitteleuropa begünstigten die Eisproduktion. Die Eisdicke in den Küstengewässern nahm ständig zu, die Eislage auf See änderte sich nur wind- und strömungsbedingt. Erst mit der Umstellung der Großwetter-

lage Anfang März war der Höhepunkt des Winters im Bereich der deutschen Küste überschritten. Unter dem Einfluss der warmen südwestlichen Luftströmung begann von Westen her der langsame Eisrückgang, der bis Anfang April dauerte. Im **sehr starken** Eiswinter 1986/87 gab es zwei für die Eisbildung relevante Kälteperioden. Die erste dauerte, mit einer kurzen Unterbrechung um den 25. Januar, von Anfang Januar bis Anfang Februar. In der Zeit vom 10. bis 17. Januar wurde das Wetter von einer von Nordrussland bis zum Europäischen Nordmeer reichenden Hochdruckzone, vom 28. Januar bis 2. Februar von der aus Nordeuropa eingeflossenen kontinentalen Polarluft bestimmt. Im Januar entsprachen die Werte der Lufttemperatur den Januarwerten des extrem starken Winters 1962/63, teilweise war es kälter. Die Eisbildung in der westlichen Ostsee begann Anfang Januar, später als durchschnittlich und erreichte ihren ersten Höhepunkt am 2. Februar. Während der anschließenden intensiven Tauwetterperiode, die zwei Wochen dauerte, blieb das morsch gewordene Eis in den inneren Bereichen liegen, die Außenküste und der Seebereich wurden aber vollständig eisfrei. Verantwortlich für die zweite Kälteperiode zwischen Mitte Februar und Mitte März war, wie im Januar, ein über Fennoskandinavien und Nordrussland liegendes Hochdruckgebiet. In den vier Wochen der zweiten Kälteperiode herrschte vorwiegend leichter bis mäßiger Frost vor, trotzdem wurde der Höchststand der Eisentwicklung im Winter 1986/87 am 6. März erreicht, da die Gefrierbereitschaft der im Februar eisfrei gewordenen Gewässer sehr hoch war, was zu rascher Eisbildung führte. So kam es Anfang März zu kurzzeitiger nahezu völliger Eisbedeckung der Ostsee westlich von 16° O (Kosłowski, G., Dt.hydrogr. Z. 40, 1987, Heft 3).

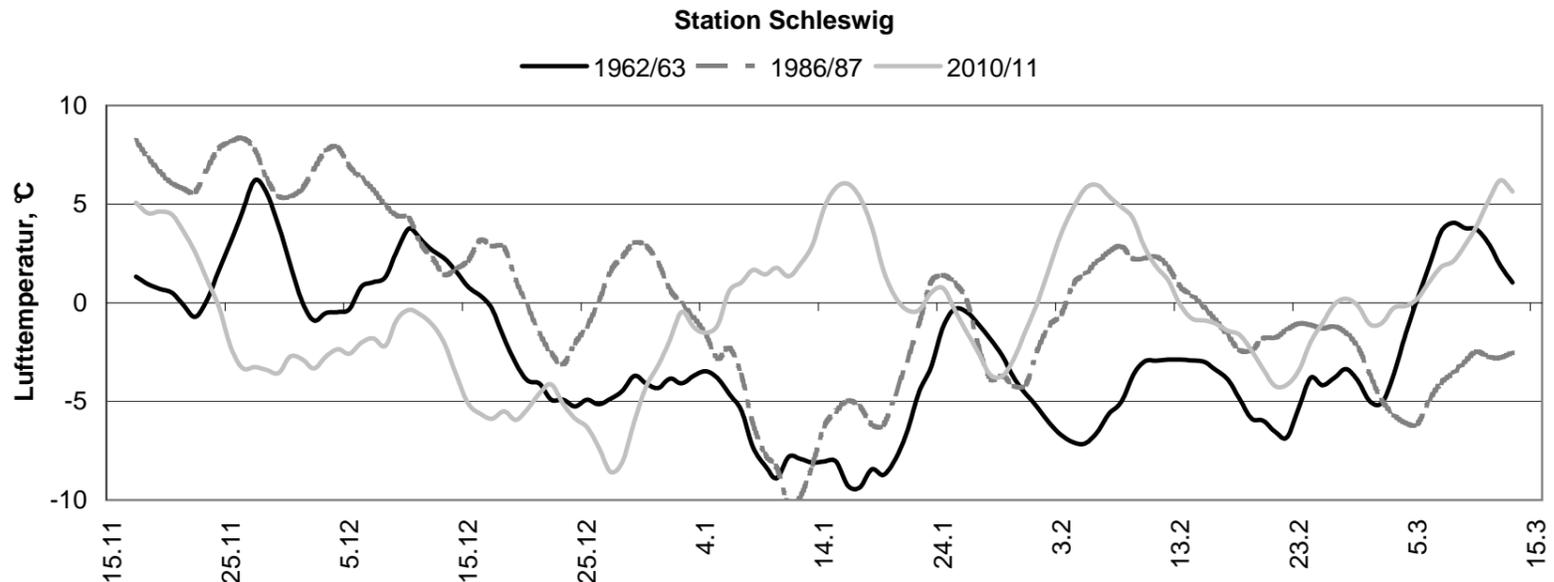


Abb. 21: Gleitende 5-Tage-Mittel der Lufttemperatur, gemessen an der Station Schleswig im extrem starken (1962/63), sehr starken (1986/87) und mäßigen (2010/11) Eiswinter

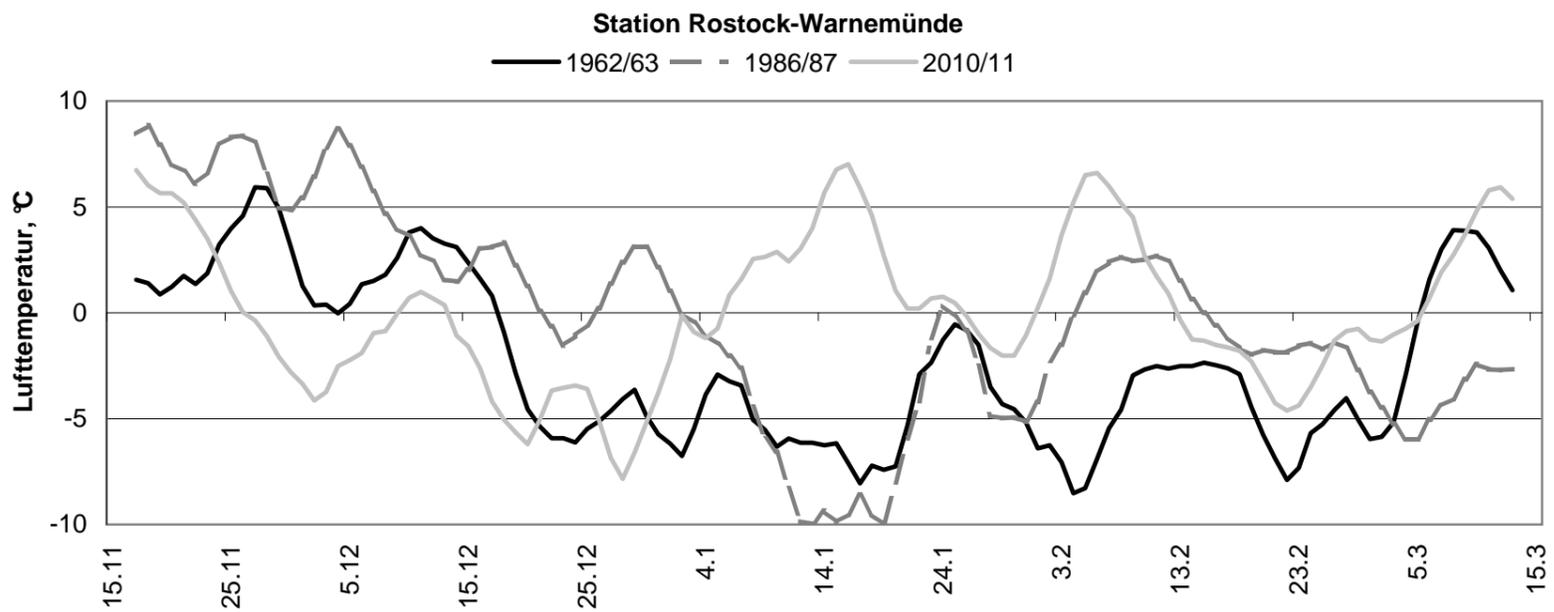


Abb. 22: Gleitende 5-Tage-Mittel der Lufttemperatur, gemessen an der Station Rostock-Warnemünde im extrem starken (1962/63), sehr starken (1986/87) und mäßigen (2010/11) Eiswinter

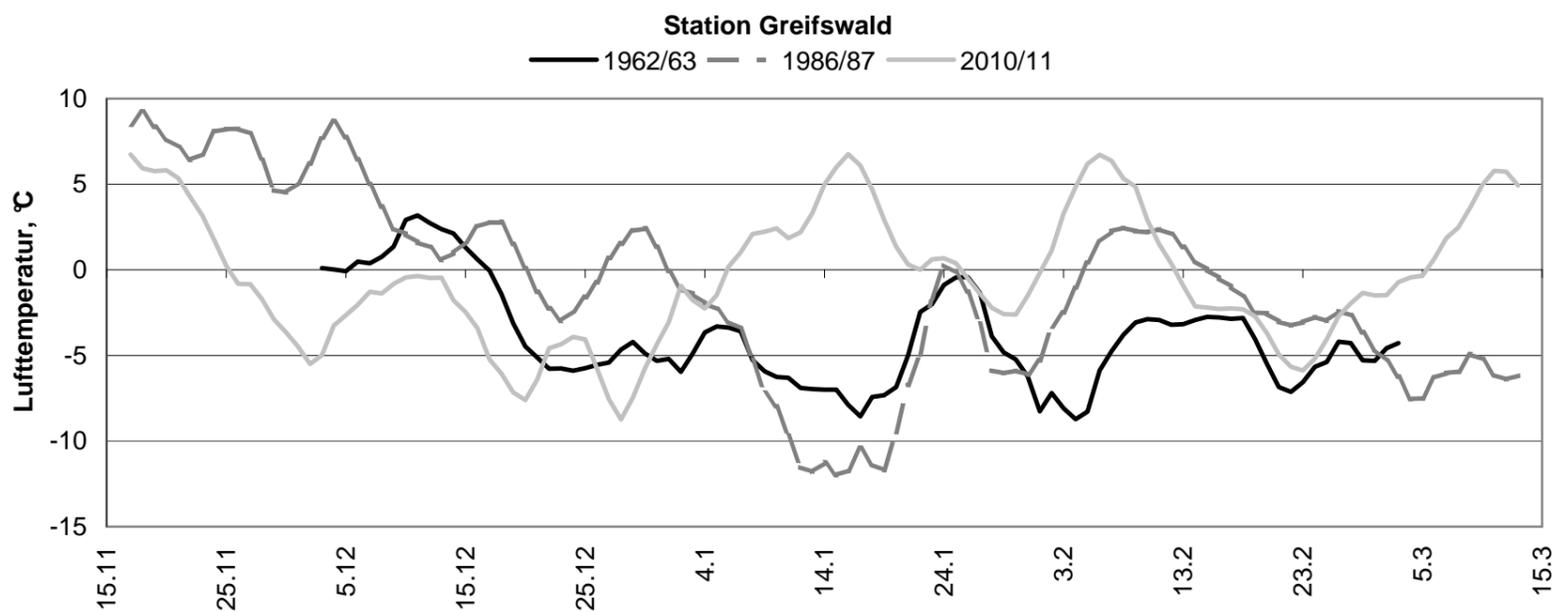


Abb. 23: Gleitende 5-Tage-Mittel der Lufttemperatur, gemessen an der Station Greifswald im extrem starken (1962/63), sehr starken (1986/87) und mäßigen (2010/11) Eiswinter

Station	November		Dezember		Januar		Februar		März	
	°C	K	°C	K	°C	K	°C	K	°C	K
Schleswig	3.9	-1.0	-1.4	-3.1	-5.4	-5.7	-4.8	-5.4	1.1	-1.7
Rostock-Warnemünde	4.4	-0.9	-1.1	-3.0	-5.0	-5.2	-4.9	-5.6	1.0	-2.1
Greifswald	-	-	-1.6	-2.7	-5.1	-4.5	-4.9	-4.9	-	-

Tabelle 2: Monatsmittelwerte der Lufttemperatur (°C) im Winter 1962/63 und ihre Abweichungen vom Klimamittel 1961–1990 (K) (Angaben des Deutschen Wetterdienstes, www.dwd.de)

Station	November		Dezember		Januar		Februar		März	
	°C	K	°C	K	°C	K	°C	K	°C	K
Schleswig	7.1	2.2	2.7	1.0	-3.9	-3.6	-0.1	-0.7	-0.6	-3.4
Rostock-Warnemünde	7.4	2.1	3.0	1.1	-4.9	-5.1	-0.2	-0.9	-0.4	-3.5
Greifswald	7.2	2.6	2.2	1.1	-6.1	-5.5	-0.8	-0.8	-1.2	-3.9

Tabelle 3: Monatsmittelwerte der Lufttemperatur (°C) im Winter 1986/87 und ihre Abweichungen vom Klimamittel 1961–1990 (K) (Angaben des Deutschen Wetterdienstes, www.dwd.de)

Station	November		Dezember		Januar		Februar		März	
	°C	K	°C	K	°C	K	°C	K	°C	K
Schleswig	3.8	-1.1	-4.1	-5.8	0.6	0.3	0.6	0.0	3.6	0.8
Rostock-Warnemünde	5.4	0.1	-3.3	-5.2	1.4	1.2	0.4	-0.3	3.5	0.4
Greifswald	5.0	0.4	-4.2	-5.3	1.0	1.6	-0.2	-0.2	3.6	0.9

Tabelle 4: Monatsmittelwerte der Lufttemperatur (°C) im Winter 2010/11 und ihre Abweichungen vom Klimamittel 1961–1990 (K) (Angaben des Deutschen Wetterdienstes, www.dwd.de)

Im **mäßigen** Eiswinter 2010/11 gab es auch zwei für die Eisbildung wichtige Kälteperioden: Die erste erfasste, mit einer kurzen Unterbrechung Mitte des Monats, den ganzen Dezember, die zweite dauerte von Mitte Februar bis Anfang März. Während der Tauwetterperiode dazwischen verschwand das Eis an der deutschen Ostseeküste vollständig. Der Dezember war der kälteste Monat im Winter 2010/11. Die Eisbildung begann bereits Anfang Dezember, früher als normalerweise üblich. Der Januar fiel zu warm aus, und die Lufttemperaturen im Februar lagen im normalen Bereich. Das Eis bildete sich während der

zweiten Kälteperiode, in der überwiegend leichte Fröste vorherrschten, infolge der hohen Gefrierbereitschaft der Gewässer relativ schnell, trat aber vorwiegend in den östlichen inneren Abschnitten und in der Pommerschen Bucht auf. An der Küste von Schleswig-Holstein waren nur einige innere Abschnitte kurzzeitig vereist. So schnell wie das Eis sich während der zweiten Kälteperiode gebildet hat, so schnell verschwand es – Mitte März waren alle Gewässer an der deutschen Ostseeküste eisfrei.

Statistische Angaben für Eisbeobachtungsstationen an der südlichen Ostseeküste



Abb. 24. Übersichtskarte mit der Lage der analysierten Küstenabschnitte an den deutschen und polnischen Küsten

In diesem Abschnitt werden die Eisverhältnisse an 14 Stationen der deutschen und polnischen Ostseeküsten während des 50-jährigen Zeitraumes 1961–2010 untersucht. Angesichts der sehr unterschiedlichen klimatologischen und hydrologischen Bedingungen zwischen den westlichen und den östlichen Teilen der südlichen Ostseeküste sowie des komplizierten geographischen Küstenverlaufs mit vielen, von der See weitgehend abgeschlossenen, Innenfahrwassern ist für die Beschreibung der Eisverhältnisse in diesem relativ kleinen Bereich diese Vielzahl der Stationen notwendig.

Die Küstengewässer der westlichen Ostsee werden durch die Stationen Flensburg, Schleswig, Untertrave und Unterwarnow repräsentiert, in Westermarkelsdorf wird sichtbares Seegebiet beobachtet. Für die Beschreibung der Eisverhältnisse in der südlichen Ostsee wurden die Stationen des Greifswalder Boddens, des Stettiner Haffs, Arkona und Greifswalder Oie sowie Daten der polnischen Stationen im Stettiner Haff, in der Pommerschen Bucht (Świnoujście), Kolobrzeg, in der Danziger Bucht (Gdynia) und im Frischen Haff ausgewählt.

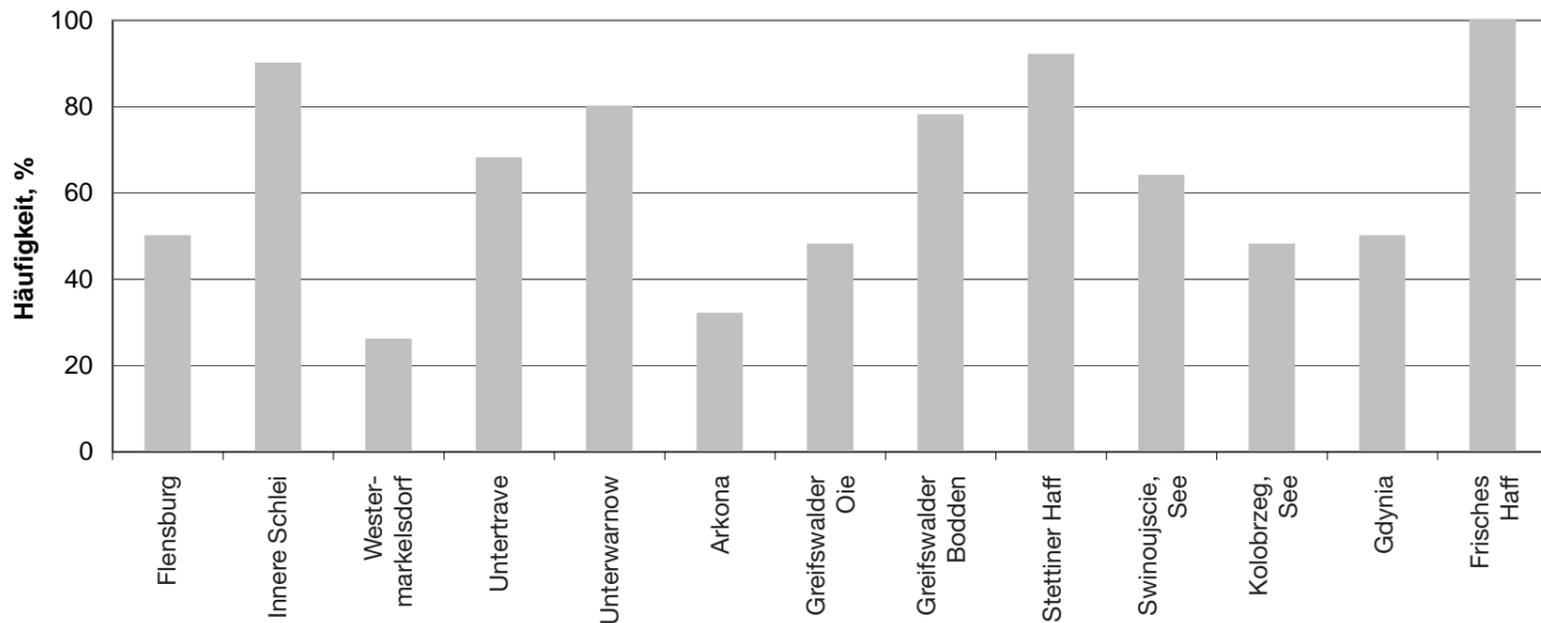


Abb. 25: Häufigkeit des Eisauftretens an der südlichen Ostseeküste

Die südliche Ostseeküste erstreckt sich von ungefähr 9° O bis 20° O. Das Eisauftreten in verschiedenen Bereichen der Küste ist von der geographischen Lage (West-Ost-Erstreckung), von den Möglichkeiten des Wasseraustausches und vom Salzgehalt, von der Wassertiefe und dem Schiffsverkehr, nur um einige der Faktoren zu nennen, abhängig. Die Eisverhältnisse in den Küstenabschnitten spiegeln die oben genannten Faktoren wider. So war die innere Flensburger Förde,

die sich im Westen befindet, in den betrachteten 50 Jahren in 25 Wintern vereist, in den östlichen Teilen der südlichen Ostseeküste beträgt die Vereisungshäufigkeit in den inneren Gewässern zwischen 80 und 100 %. Während im Seegebiet nahe Westermarkelsdorf und auch bei Arkona nur in jedem dritten Winter Eis auftrat, ist die Wahrscheinlichkeit des Eisauftretens im Nordteil der Pommerschen Bucht mit fast 50 % und im Südteil mit 64 % größer (siehe Abb. 25).

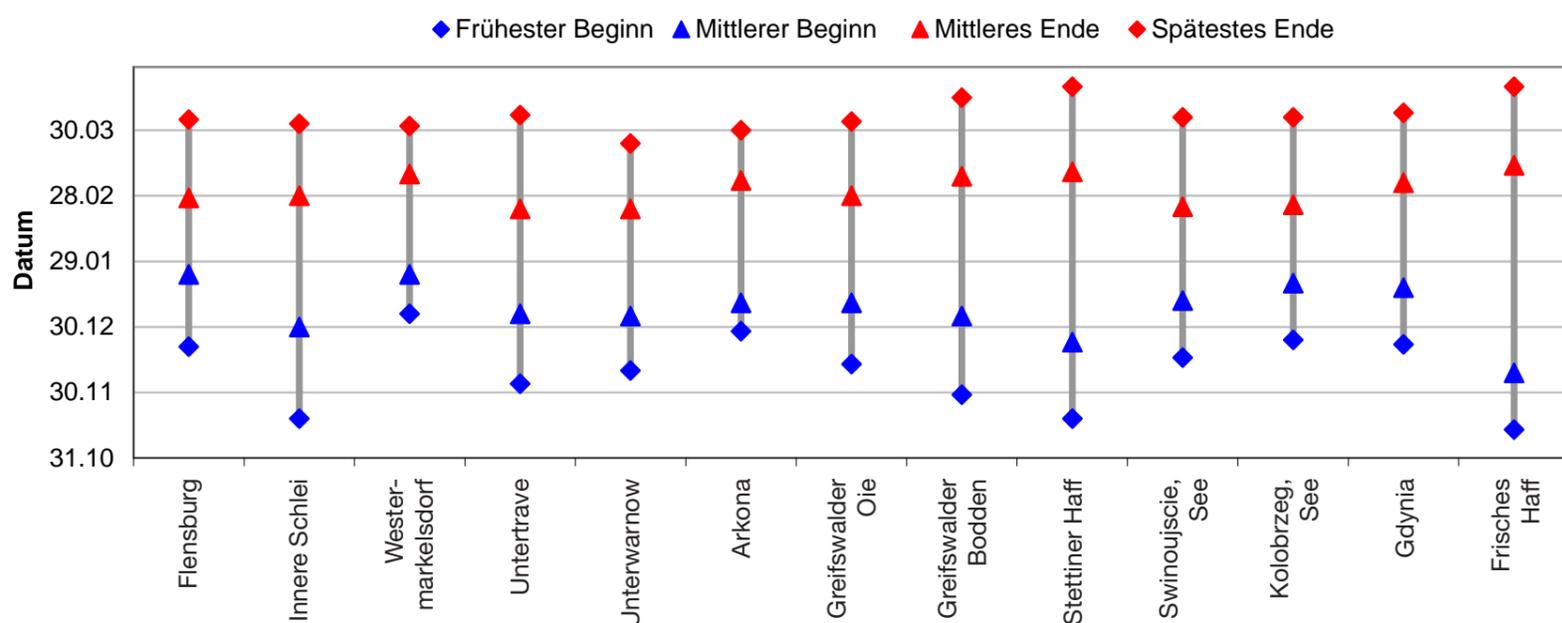


Abb. 26: Mittlere und extreme Daten für den Beginn und das Ende des Eisauftretens an der südlichen Ostseeküste

Das erste Eis bildet sich im Frischen Haff in der ersten Dezemberdekade, im Stettiner Haff und in der inneren Schlei in der letzten Dezemberdekade, erfasst eine Woche später die Küstengewässer der Mecklenburger Bucht und in den folgenden zwei Wochen die westliche Küste. Fast gleichzeitig frieren die Seegebiete im Nordteil der Pommerschen Bucht und vor Arkona zu, und etwa 10 Tage später tritt normalerweise Eis auf See bei Westermarkelsdorf auf. In extremen Jahren kann die Eisbildung bereits in der zweiten Novemberdekade beginnen und Anfang Dezember auf die Außenküste übergreifen. Eisfrei

werden die stark befahrenen Fahrwasser wie Untertrave und Unterwarnow normalerweise in den letzten Februartagen. In den östlichen inneren Fahrwasserabschnitten schmilzt das letzte Eis gewöhnlich in der ersten Märzdekade. Das Seegebiet wird in der Regel bis Mitte März eisfrei. Das späteste Ende des Eisauftretens wurde im April beobachtet, z. B. am 19. April 1963 im Stettiner Haff und im Frischen Haff, am 14. April 1996 im Greifswalder Bodden oder am 6. April 1996 auf der Untertrave.

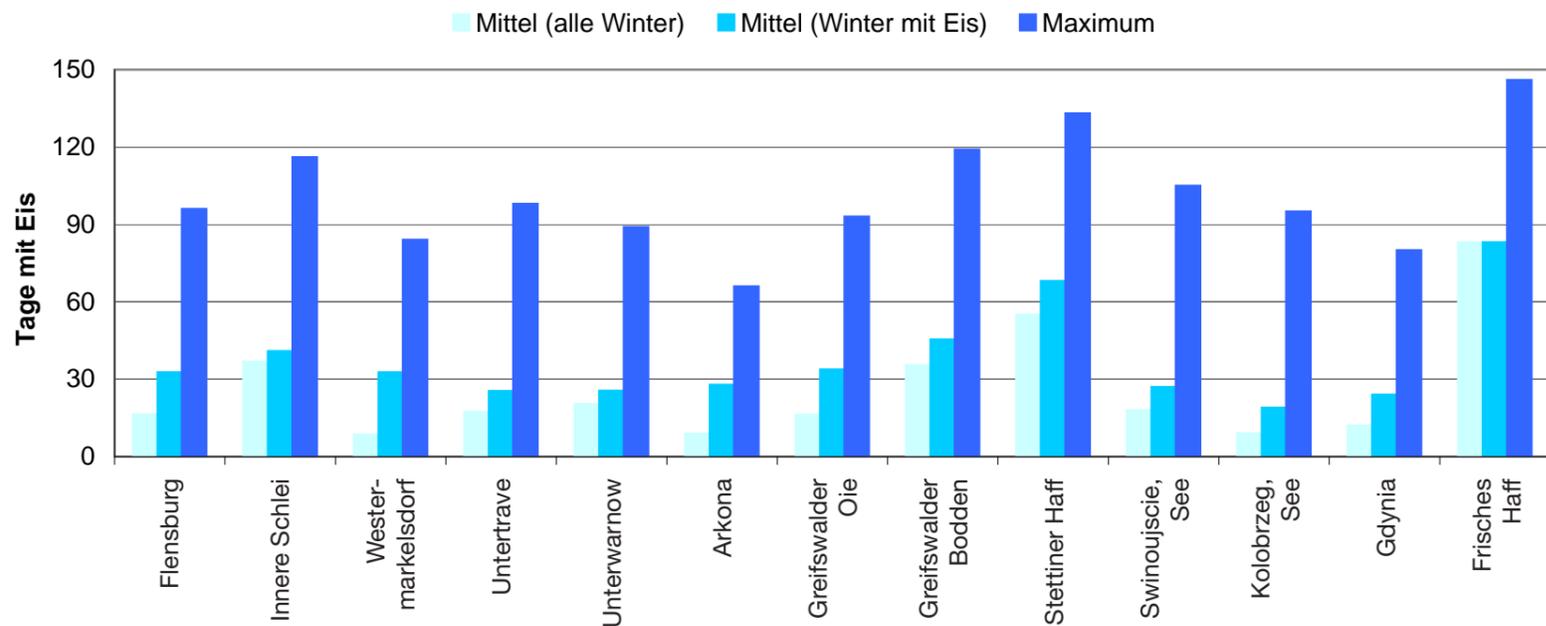


Abb. 27: Mittlere und extreme Daten für die Anzahl der Tage mit Eis an der südlichen Ostseeküste

Relativ hohe Zahlen für die mittleren Tage mit Eis im Seegebiet erhält man, wenn für die Berechnung dieses Parameters nur die Winter mit Eis berücksichtigt werden. In den meisten Wintern wird der Wärmeverrat der offenen Seegewässer nicht aufgebraucht, und die Eisbildung bleibt aus. Nur in sehr kalten Wintern mit langanhaltenden Frostperioden kommt es zur Vereisung des der Küste vorgelagerten Seegebietes. In diesem Fall ergeben sich im Mittel etwa 30 Tage mit Eis. Die

günstigsten Eisverhältnisse sind in den inneren westlichen Bereichen Untertrave und Unterwarnow sowie in der Danziger Bucht anzutreffen. Hier wurden im Mittel 25 Tage mit Eis beobachtet. Die vom Austausch mit dem Seewasser weitgehend ausgeschlossenen Gebiete Stettiner Haff und Frisches Haff weisen durchschnittlich 60 und 83 Tage mit Eis auf. In extrem starken Eiswintern wurden in diesen Bereichen 130–150 Tage mit Eis registriert.

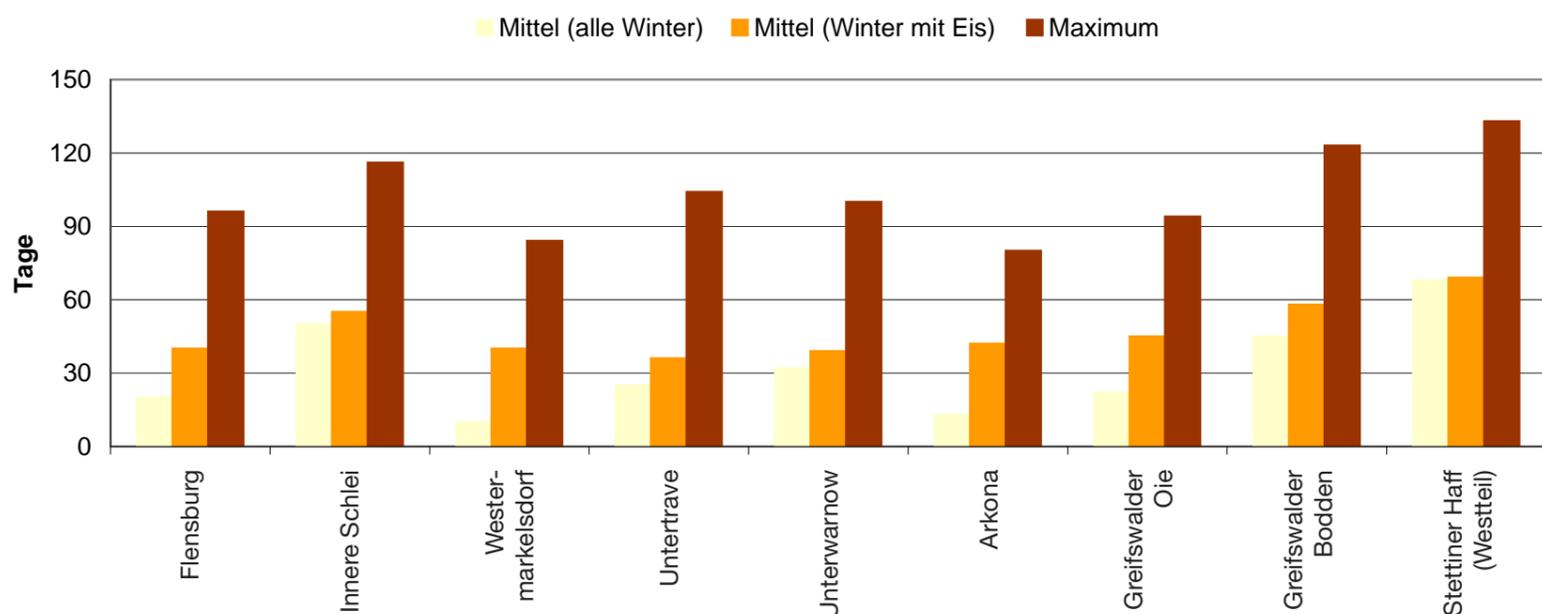


Abb. 28: Mittlere und extreme Daten für die Länge der Eissaison an der deutschen Ostseeküste

Der Zeitabschnitt zwischen dem ersten und dem letzten Eisauftreten in einem Beobachtungsbereich und in einem Winter wird als Länge der Eissaison bezeichnet. Die Differenz zwischen diesem Parameter und der Anzahl der Tage mit Eis deutet auf eisfreie Abschnitte im betrachteten Gebiet während des Winters hin. Je größer die Differenz, desto mehr eisfreie Abschnitte wurden registriert, oder desto länger war der zeitliche Abstand zwischen den Vereisungsperioden. Für die Gebiete der westlichen und südlichen Ostsee ist diese Größe aussagekräftiger als z. B. Beginn/Ende des Auftretens des Festeises. An den Außenküsten im Südtteil der Ostsee ist im Gegensatz zu den nördlichen Ostseegebieten die Existenz einer Festeisdecke, die sich bildet und auch längere Zeit liegen bleibt, ein sehr seltenes Ereignis.

Auch in den inneren Gewässern kann sich das Festeis mehrmals während eines Winters bilden und verschwinden. Im Mittel dauert die Eissaison in den inneren Fahrwassern etwa 40 Tage im Westen und 70 Tage im Osten der deutschen Küste. Im Seegebiet ist sie etwa 40 Tage lang. In den meisten inneren Gewässern ist die Anzahl der Tage mit Eis in den extrem starken und sehr starken Eiswintern der Länge der Eissaison gleich. In vielen Wintern besteht aber die Eissaison aus mehreren Perioden entsprechend dem Temperaturverlauf in der Region. Diese Tatsache spiegelt sich in der Differenz beider Parameter, die zwei bis drei Wochen betragen kann, wider, vgl. Abb. 29 und die Tabellen 7–12 auf CD.

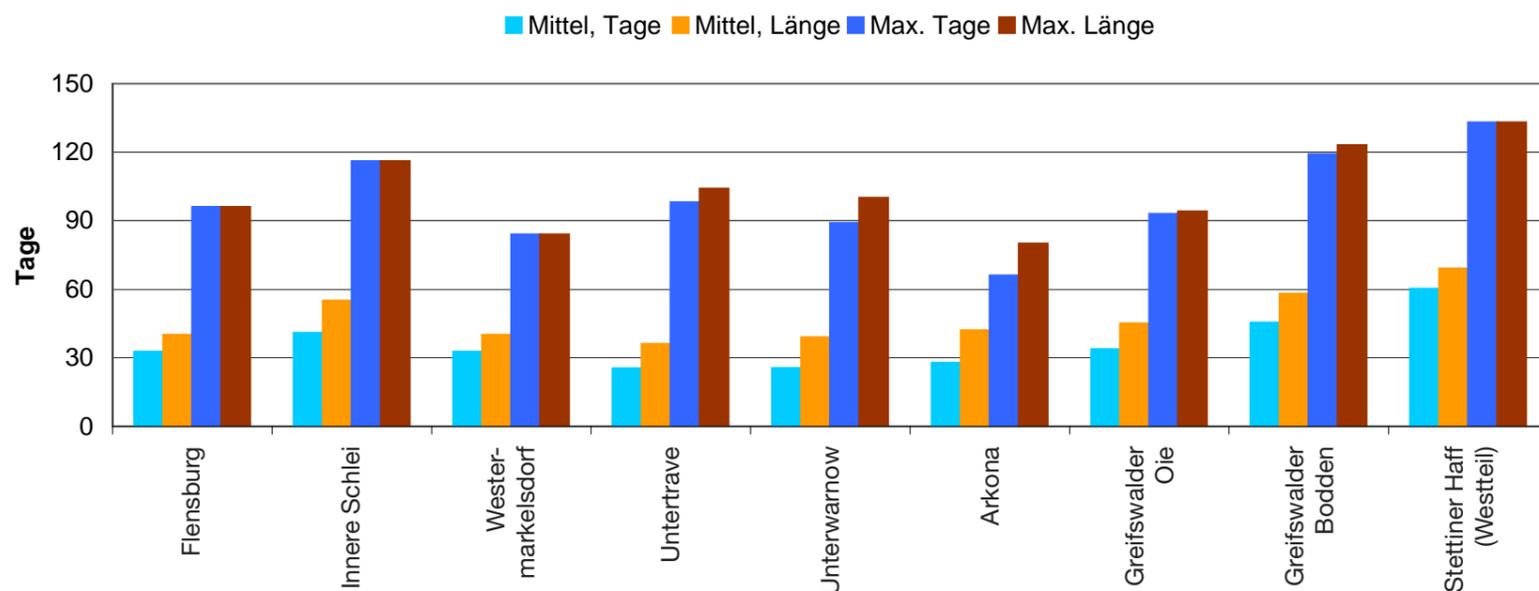


Abb. 29: Mittlere und extreme Daten für die Anzahl der Tage mit Eis und Länge der Eissaison an der deutschen Ostseeküste

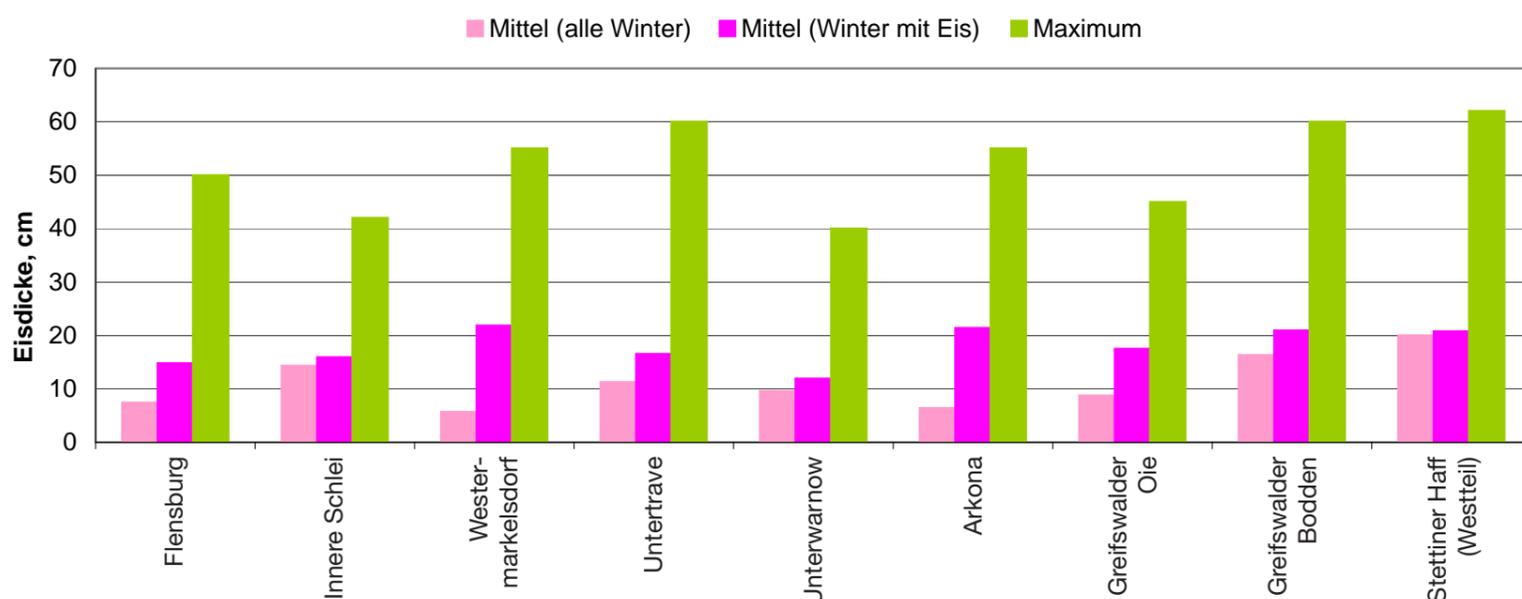


Abb. 30: Mittlere und extreme Daten für die während eines Winters erreichte maximale Dicke des ebenen Eises an der deutschen Ostseeküste

Im Mittel, bezogen nur auf Winter mit Eisvorkommen, wächst das Eis in den deutschen Küstengewässern während einer Saison bis auf eine Dicke von 10–20 cm an. Die maximalen Werte der Eisdicke wurden im extrem starken Eiswinter 1962/63 erreicht und betragen zwischen 40 und 70 cm.

Die tägliche Häufigkeit des Eisauftretens im Verlauf eines Winters in verschiedenen Bereichen der deutschen Ostseeküste ist in Abb. 31 dargestellt. Die Häufigkeitsverteilungen zeigen zwei Maxima für fast alle untersuchten Bereiche unabhängig von den Beobachtungsgebieten. Entsprechend dem meteorologischen Charakter eines Winters in unserem Klima ist der Eiswinter nicht nur durch eine Eisperiode gekennzeichnet, sondern die Frostperioden wechseln sich mit Tauwetterperioden ab, in welchen große Teile der Küste eisfrei werden. Gewöhnlich bricht die erste kurze Eisperiode schon im Dezember auf. Erst im Januar bzw. Anfang Februar folgen die Frostperioden, in denen sich starke Eisdecken ausbilden, die mehrere Wochen bestehen bleiben können. Am wahrscheinlichsten ist Eis in den inneren Gewässern in der zweiten Januardekade anzutreffen, das zweite Maximum liegt zwischen dem 21. Februar und dem 1. März. Der Höhepunkt des Eiswinters fällt im Seegebiet auf die dritte Dekade des Februars.

In Abb. 32 wird die Verteilung der Eisbedeckung und der Eisdicken in den Wintermonaten für die analysierten Stationen gezeigt.

Die äußere Kurve stellt die tägliche Vereisungshäufigkeit dar. Im Zeitraum 1961–2010 wurde dichtes bis kompaktes Eis mindestens genau so oft gemeldet, wie lockeres bis sehr lockeres Treibeis. Nur in geschützt liegenden Gewässern so wie Schlei, Stettiner Haff oder Greifswalder Bodden, ist der Anteil der Eisbedeckung größer als 8/10. Der größte Teil der Eisdaten enthält Eisdicken unter 30 cm. Nur in starken bis sehr starken Wintern sind höhere Dicken zu verzeichnen. Die maximalen Dicken des ebenen Eises, die im extrem starken Eiswinter 1962/63 beobachtet wurden, erreichten Werte von 64 cm. Durch Eisauflauf und nachfolgende Eisaufrückbildungen oder durch Eispressungen können die Eisdicken innerhalb kurzer Zeit bedeutend größere Werte (Größenordnung 50 bis 100 cm) als beim thermisch bedingten Zuwachs erreichen. Bei dem Zusammentreffen mehrerer ungünstiger Umstände (Eisauflauf, entsprechende Strom- und Windrichtung) entstehen in einigen Bereichen außerhalb der Küste sehr schnell Barrieren mit einer Höhe bis zu 3 m.

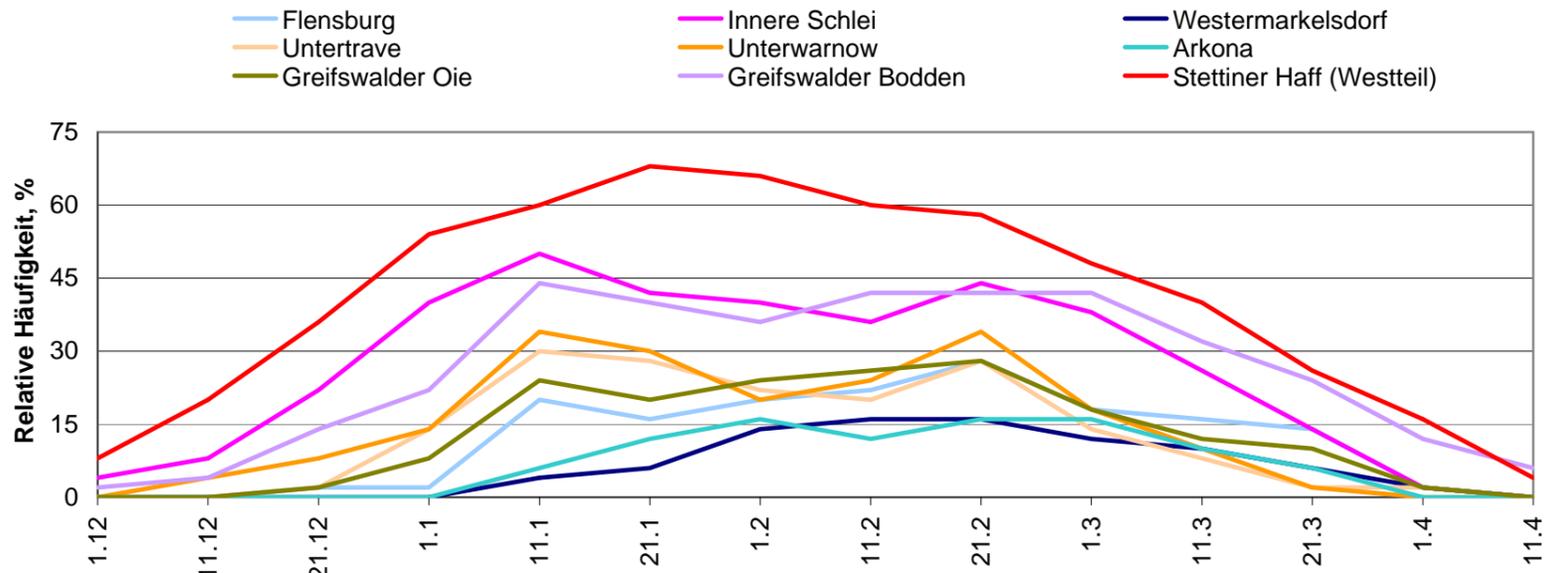


Abb. 31: Häufigkeit des Eisauftretens am 1., 11. und 21. Tag der Monate Dezember bis April an der deutschen Ostseeküste

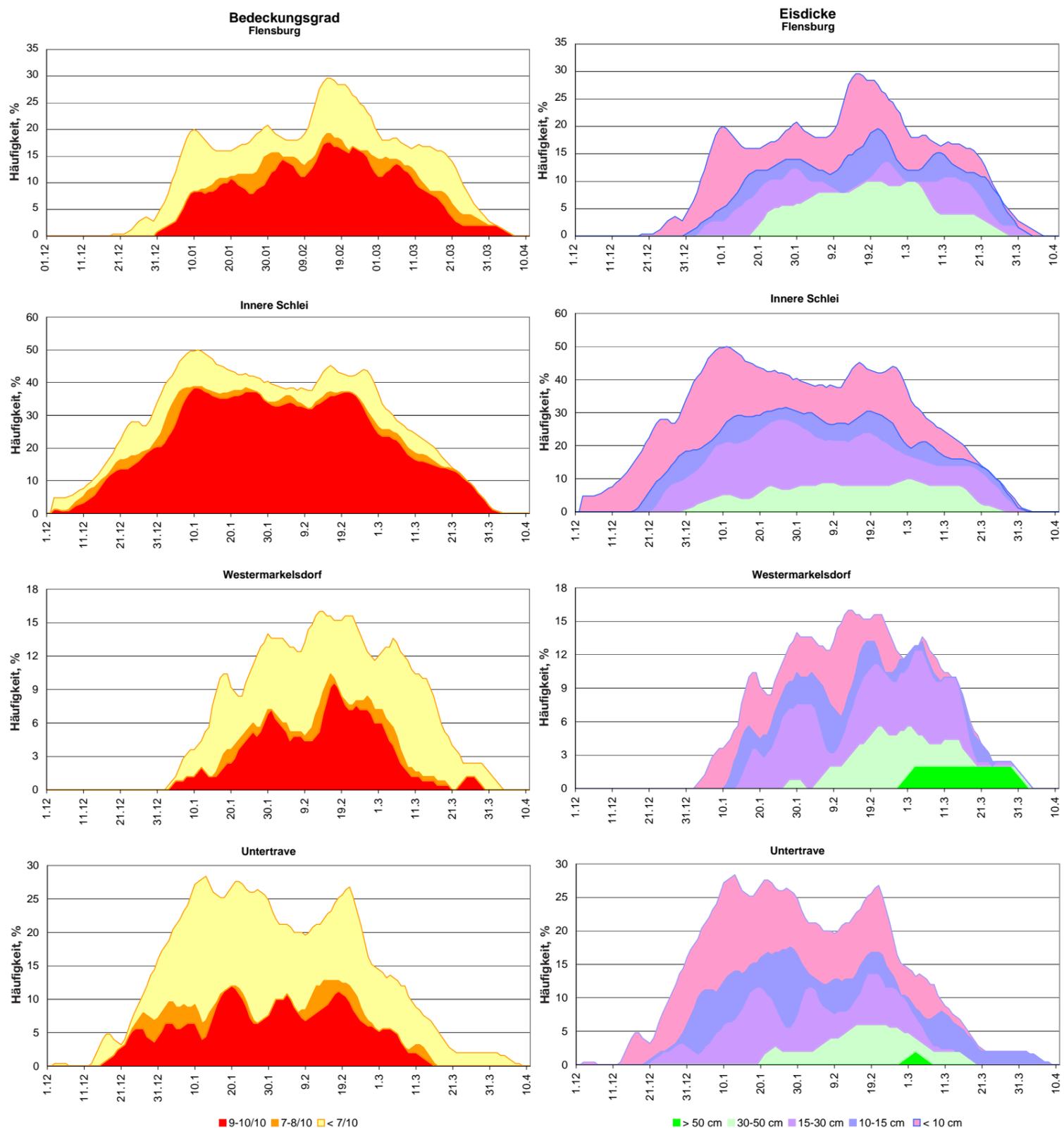


Abb. 32: Häufigkeitsverteilung des Bedeckungsgrades und der Dicke des ebenen Eises in verschiedenen Abschnitten der deutschen Ostseeküste im Zeitraum 1961–2010. Die äußere Kurve stellt die täglichen Häufigkeiten des Eisauftretens dar.

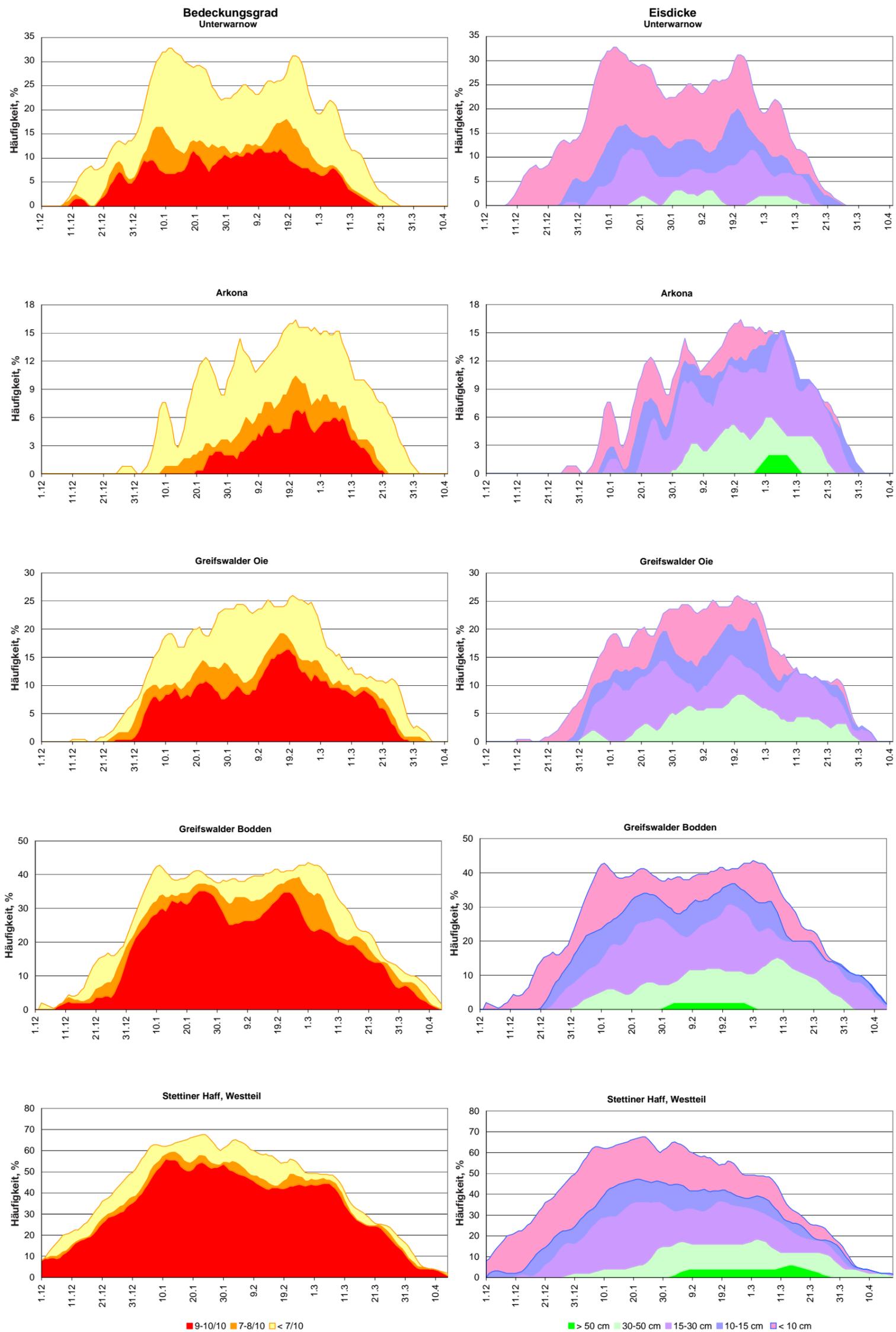


Abb. 32 (Fortsetzung): Häufigkeitsverteilung des Bedeckungsgrades und der Dicke des ebenen Eises in verschiedenen Abschnitten der deutschen Ostseeküste im Zeitraum 1961–2010. Die äußere Kurve stellt die täglichen Häufigkeiten des Eisauftretens dar.

Vergleich der Lufttemperaturen und Eisverhältnisse in den 30-jährigen Zeiträumen 1961–1990, 1971–2000 und 1981–2010

Verlauf der Wintertemperaturen an der deutschen Ostseeküste

(November, Dezember, Januar, Februar und März sind als Wintermonate definiert)

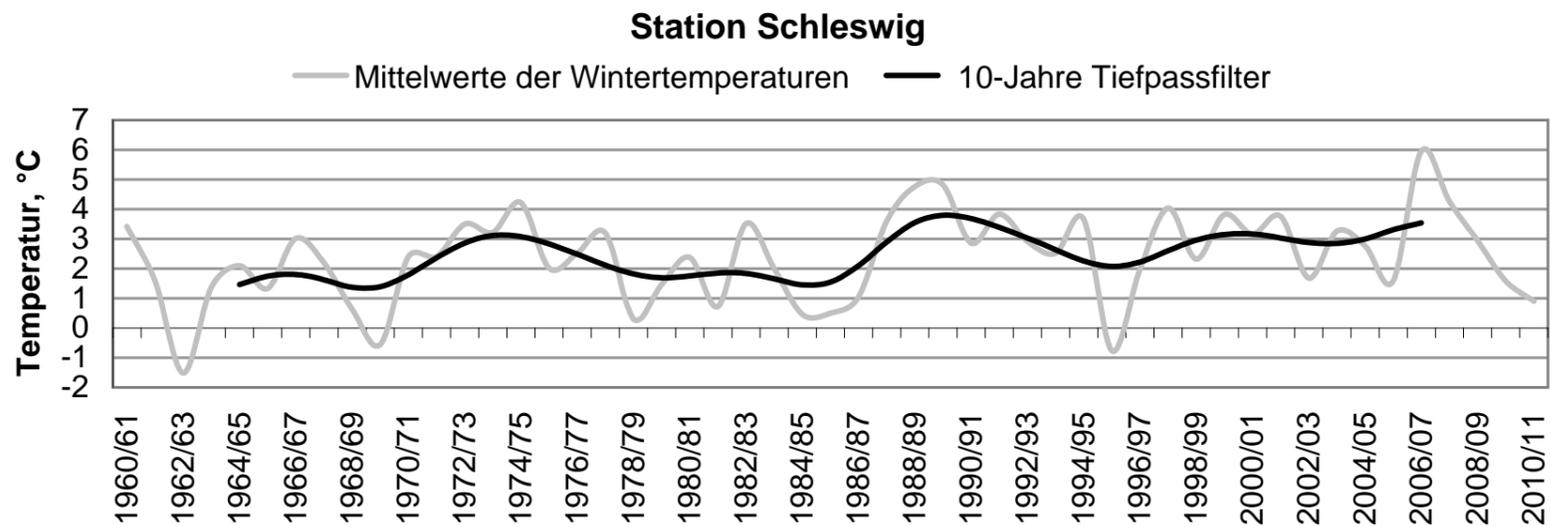


Abb. 33: Verlauf der über die Wintermonate gemittelten Lufttemperaturen im 50-jährigen Zeitraum 1961–2010, geglättet durch 10-jährigen Tiefpassfilter, Station Schleswig (Angaben des Deutschen Wetterdienstes)

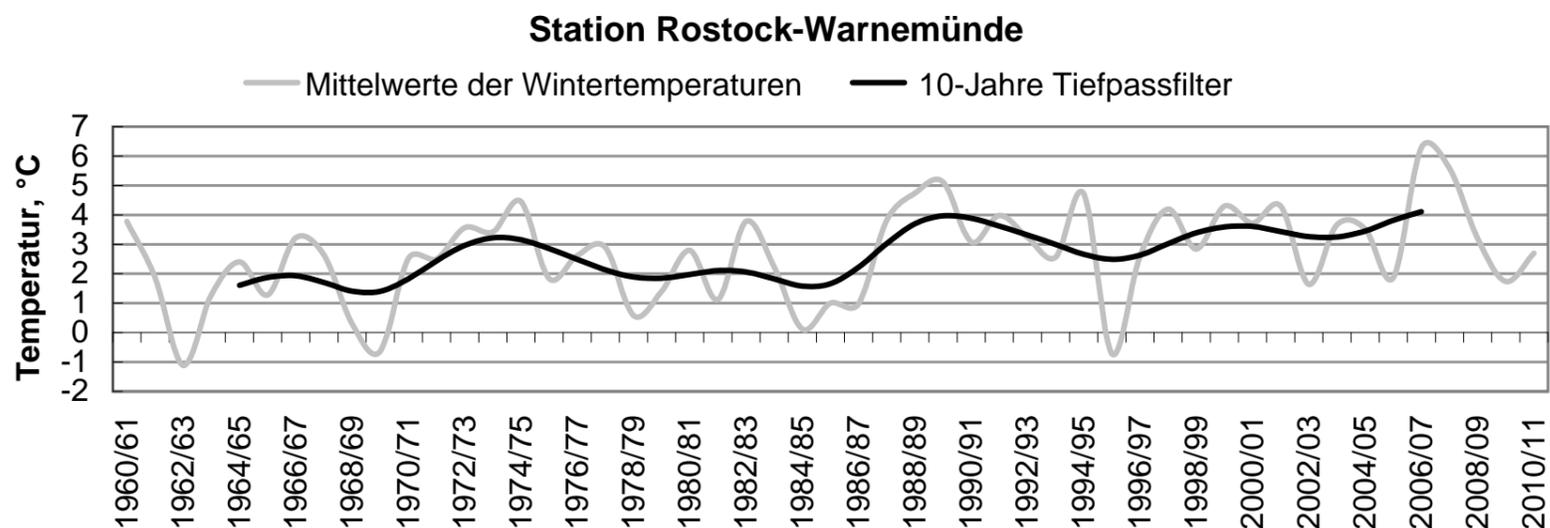


Abb. 34: Verlauf der über die Wintermonate gemittelten Lufttemperaturen im 50-jährigen Zeitraum 1961–2010, geglättet durch 10-jährigen Tiefpassfilter, Station Rostock-Warnemünde (Angaben des Deutschen Wetterdienstes)

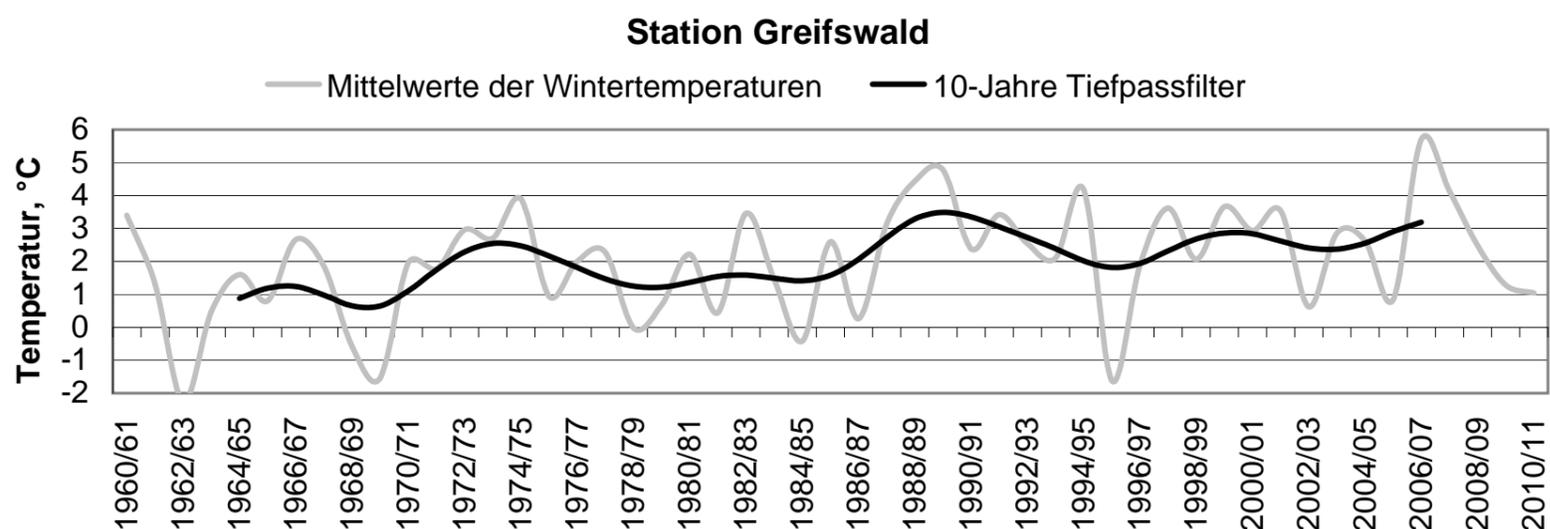


Abb. 35: Verlauf der über die Wintermonate gemittelten Lufttemperaturen im 50-jährigen Zeitraum 1961–2010, geglättet durch 10-jährigen Tiefpassfilter, Station Greifswald (Angaben des Deutschen Wetterdienstes)

Die langjährige Änderungen der Temperatur in den Wintermonaten im deutschen Küstenbereich werden anhand der Daten von drei Stationen Schleswig, Rostock-Warnemünde und Greifswald (Angaben des DWD) untersucht. Die Lage der Stationen spiegelt das West-Ost-Gefälle und die Entfernung von der offenen See wider: in Schleswig ist es im Winter um etwa 1 K wärmer als in Greifswald, aber doch um einige Zehntelgrad kälter als in Rostock-Warnemünde, wo sich die Nähe der Ostsee bemerkbar macht.

Trotz der lokalen Unterschiede in den gemessenen Daten ist der Trend zu wärmeren Wintern in den betrachteten 50 Jahren für alle drei Stationen gleich. Der deutliche Anstieg der Lufttemperatur begann Ende der 80-er Jahre und setzte sich seit 1990 leicht aber kontinuierlich fort. Besonders warm waren die Winter 1988, 1989, 1990 und 2008.

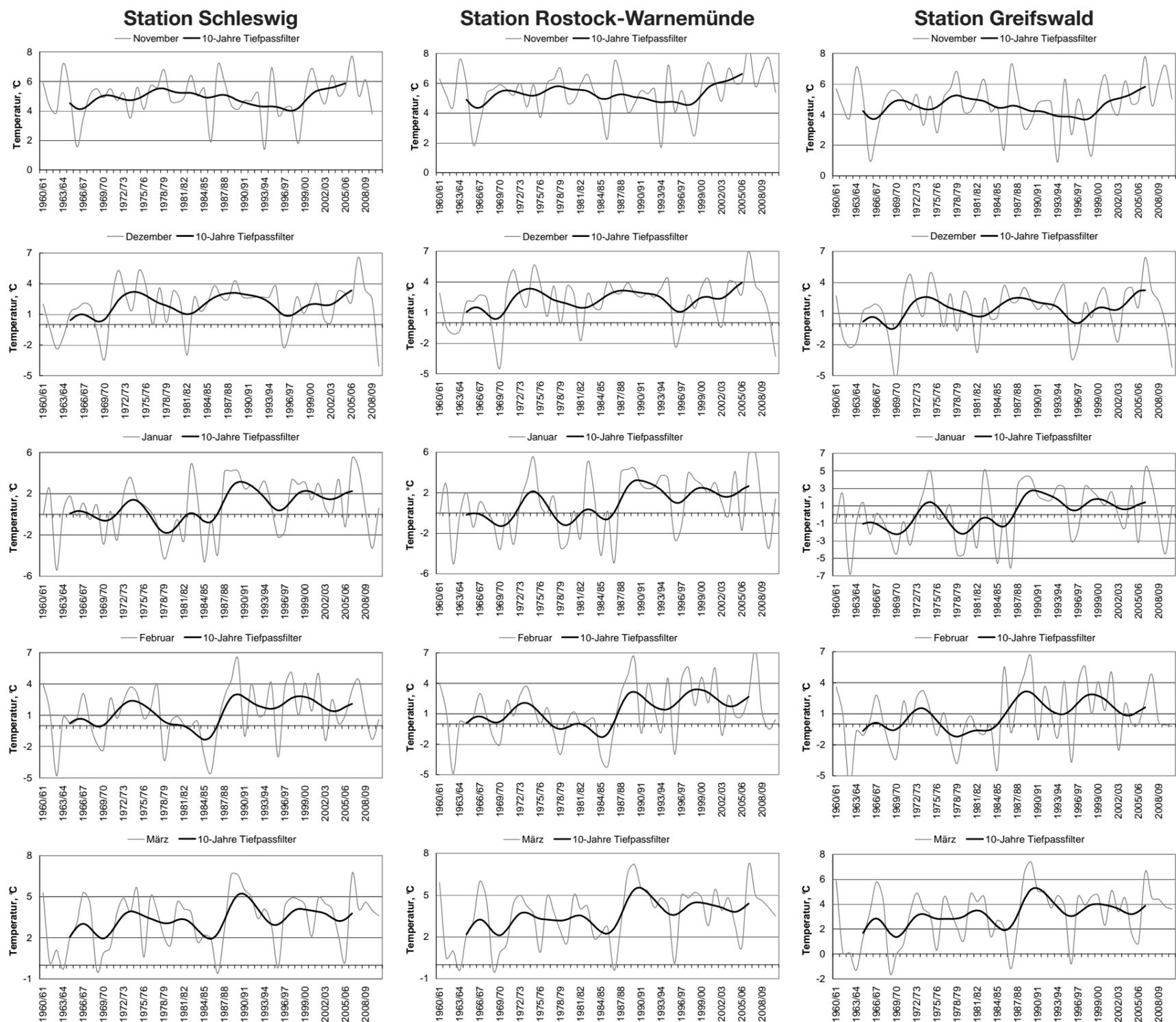


Abb. 36: Verlauf des Monatsmittels der Lufttemperatur im 50-jährigen Zeitraum 1961–2010, geglättet durch 10-jährigen Tiefpassfilter, Stationen Schleswig, Rostock-Warnemünde und Greifswald (Angaben des Deutschen Wetterdienstes)

In der Abb. 36 werden die monatlichen Mittelwerte der Lufttemperatur im Zeitraum 1961–2010 betrachtet.

Im November und Dezember begann der Anstieg der Lufttemperatur erst seit Ende der 90-er Jahre, bis dahin war für November ein negativer Trend und für Dezember keine Änderung der Mitteltemperatur zu verzeichnen. Der Höhepunkt des Anstiegs wurde 2008 erreicht. In den Wintern 2010 und 2011 war der Dezember im Vergleich mit dem Klimamittel 1961–1990 um 5–6 Kelvin zu kalt.

Die Mitteltemperatur in den Monaten Januar und Februar, in denen die Wahrscheinlichkeit der Eisbildung in unseren Breiten am höchsten ist, ist im Zeitraum zwischen 1988 und 1996 deutlich angestiegen und schwankt seitdem um die Werte von 1 bis 2 °C. Das klimatologische Mittel aus den Jahren 1961–1990 liegt um 1 bis 2 K niedriger. Diese Tatsache erklärt die Zunahme eisarmer Winter in der zweiten Hälfte des be-

trachteten Zeitraumes. Der Trend zu höheren Mitteltemperaturen setzt sich auch im März fort, obwohl der Anstieg nicht so drastisch ausfällt, wie in den Vormonaten.

Vergleicht man die Mitteltemperaturen der Wintermonate in den 30-jährigen Zeiträumen 1961–1990, 1970–2000 und 1981–2010, siehe Abb. 37, stellt man folgendes fest:

- Der kälteste Zeitraum war 1961–1990.
- Der größte Anstieg der Lufttemperatur erfolgte im Zeitraum 1971–2000.
- Der Anstieg der Lufttemperatur setzte sich im Zeitraum 1981–2010 fort, verlief aber langsamer. Im Dezember ist sogar eine leichte negative Tendenz zu verzeichnen.

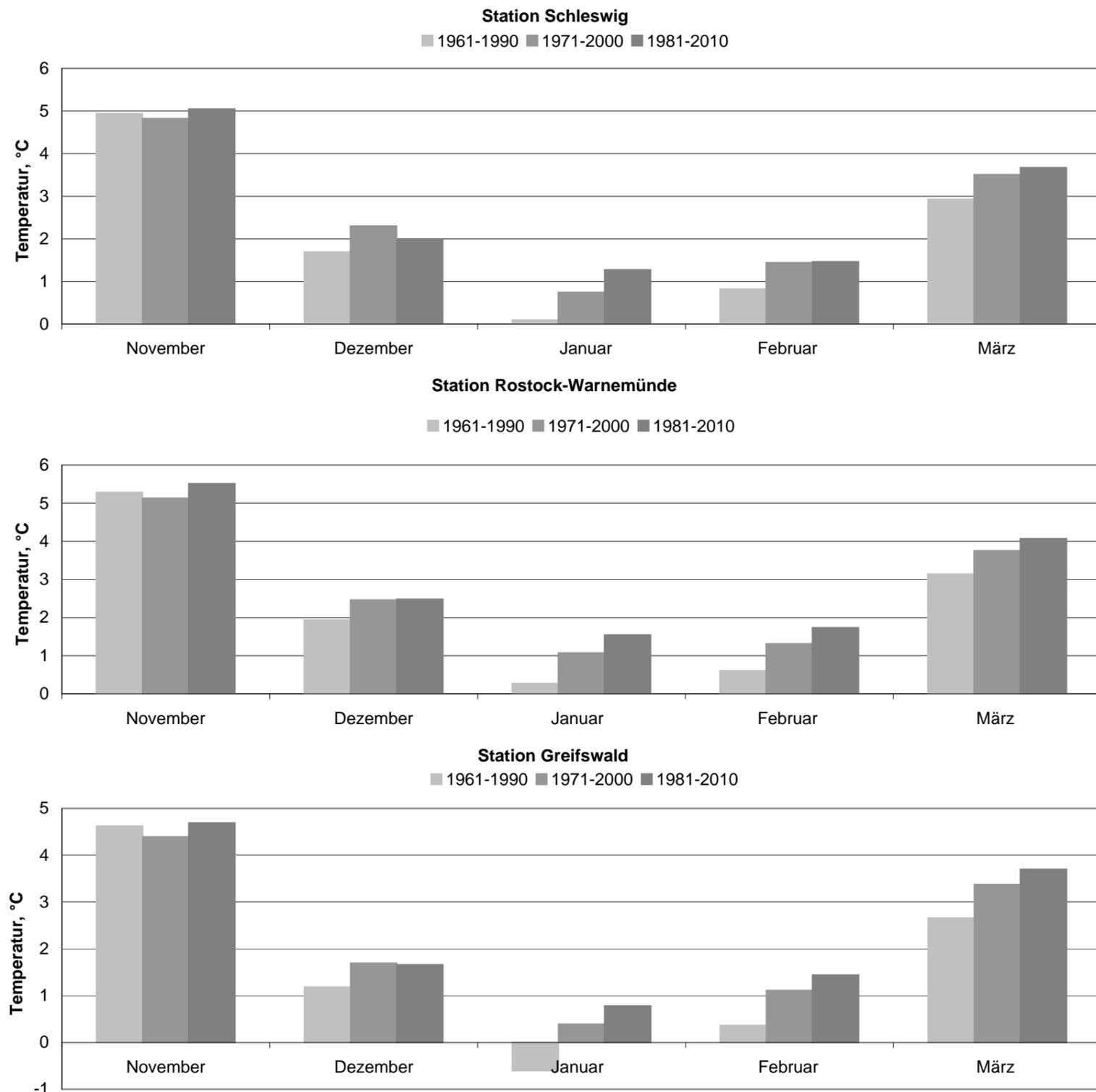


Abb. 37: Vergleich der Monatsmittel der Lufttemperatur in den Wintermonaten in den 30-jährigen Zeiträumen 1961–1990, 1971–2000 und 1981–2010 für die Stationen Schleswig, Rostock-Warnemünde und Greifswald

Änderung der Eisverhältnisse in den Küstengewässern

(vgl. Tabellen 1–19 auf der CD)

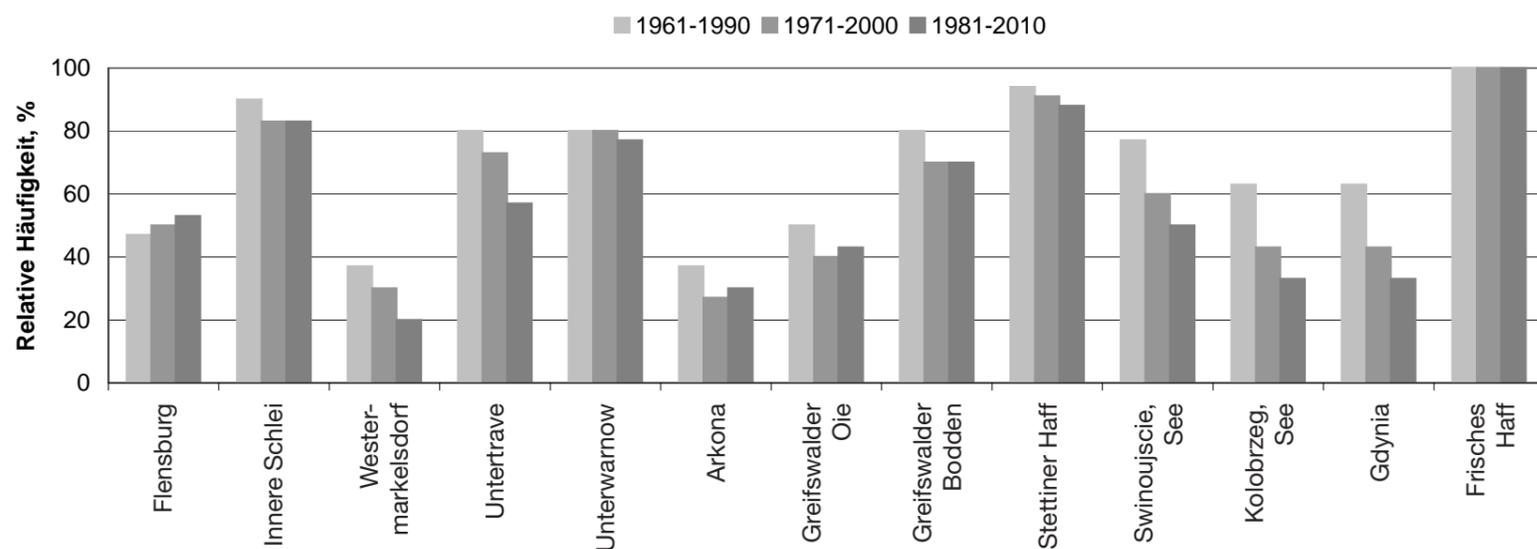


Abb. 38: Häufigkeit des Eisauftretens an der südlichen Ostseeküste in den 30-jährigen Zeiträumen 1961–1990, 1971–2000 und 1981–2010

Die langjährigen Änderungen der Lufttemperatur spiegeln sich in Veränderungen der Eisverhältnisse, besonders in den inneren Küstengewässern wider.

Die Häufigkeit des Eisauftretens nimmt in den inneren Gewässern von Ost nach West und von den inneren Gewässern zum Seebereich ab. Eis bildete sich am häufigsten im Zeitraum 1961–1990.

Im Vergleich mit der Periode 1981–2010 beträgt die Abweichung 10 bis 20 % in den westlichen Abschnitten und etwa 10 % in den deutschen östlichen Gewässern. Sogar die ersten 2 eisfreien Winter im Stettiner Haff traten in der Periode 1981–2010 auf. Die größte Abnahme fand an der polnischen Küste statt, die Differenz beträgt 30 %.

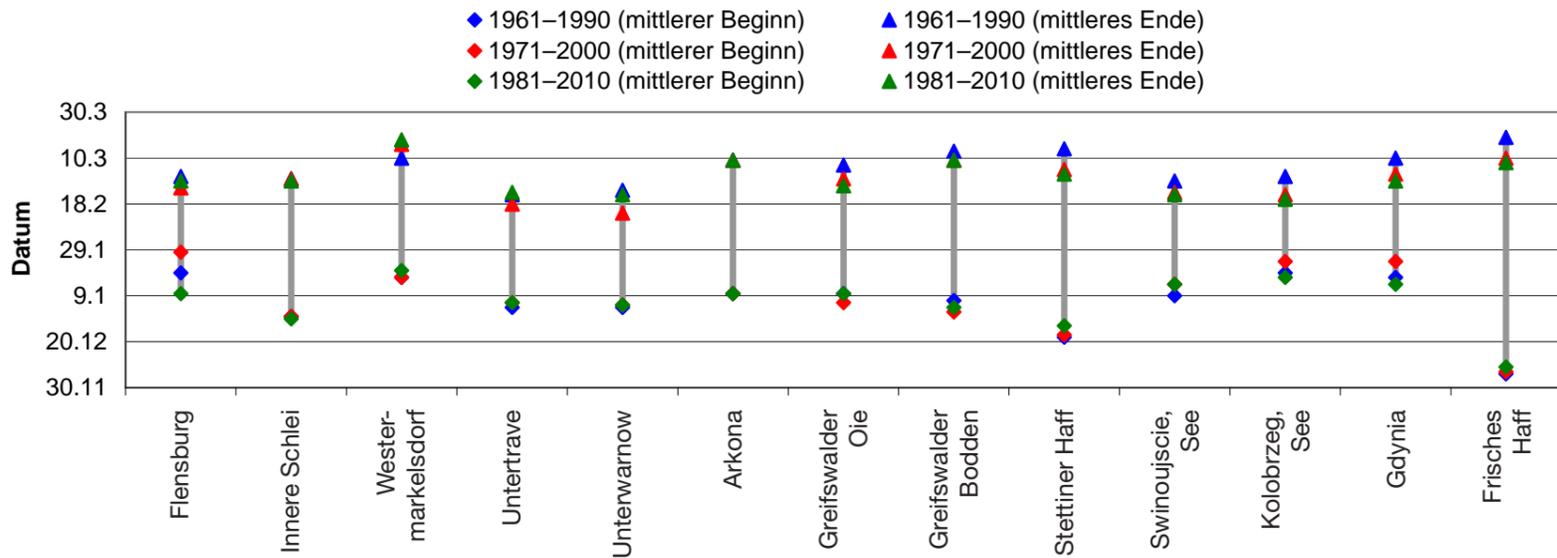


Abb. 39: Mittlerer Beginn und mittleres Ende des Eisauftretens an der südlichen Ostseeküste in den 30-jährigen Zeiträumen 1961–1990, 1971–2000 und 1981–2010

Die Eisbildung im Frischen und Stettiner Haff beginnt normalerweise zwischen dem 10. und 20. Dezember, in den inneren Gewässern um den 1. Januar, im Seebereich der westlichen Ostsee und an der polnischen Außenküste Mitte Januar, in der Pommerschen Bucht Anfang Januar. Es sind keine große Änderungen im mittleren Beginn der Eisbildung in den verschiedenen Zeiträumen zu verzeichnen.

Im Mittel verschwindet das letzte Eis in den inneren Abschnitten der Küste Ende Februar/Anfang März, auf See kann noch Mitte März Resteis auftreten.

Am längsten blieb das Eis an der Küste im Zeitraum 1961 – 1990 liegen, in den letzten 30 Jahren wurden die Küstengewässer etwa 10 Tage eher eisfrei. Auf See sind für diesen Parameter keine Änderungen zu vermerken, in der westlichen Ostsee ist sogar eine leichte Tendenz zu einem späteren Termin festzustellen.

Die Extremwerte zeigen einen leichten Trend zum früheren Beginn, die Daten für das späteste Ende haben sich nicht verändert.

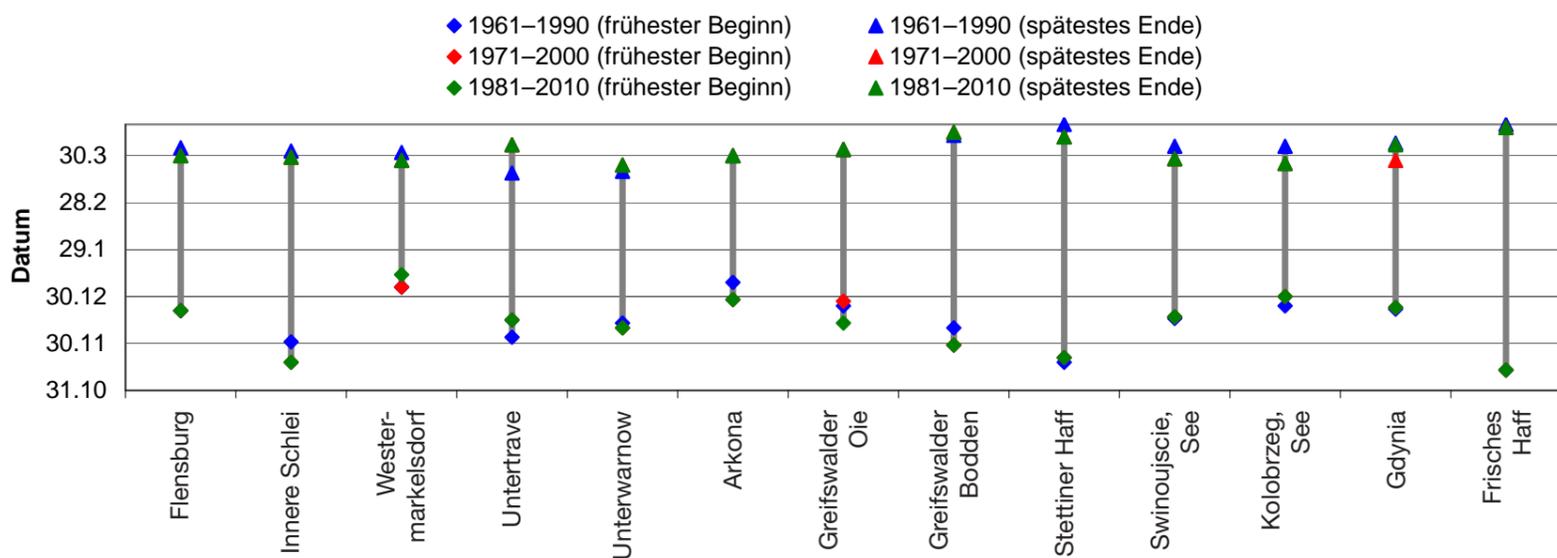


Abb. 40: Frühester Beginn und spätestes Ende des Eisauftretens an der südlichen Ostseeküste in den 30-jährigen Zeiträumen 1961–1990, 1971–2000 und 1981–2010

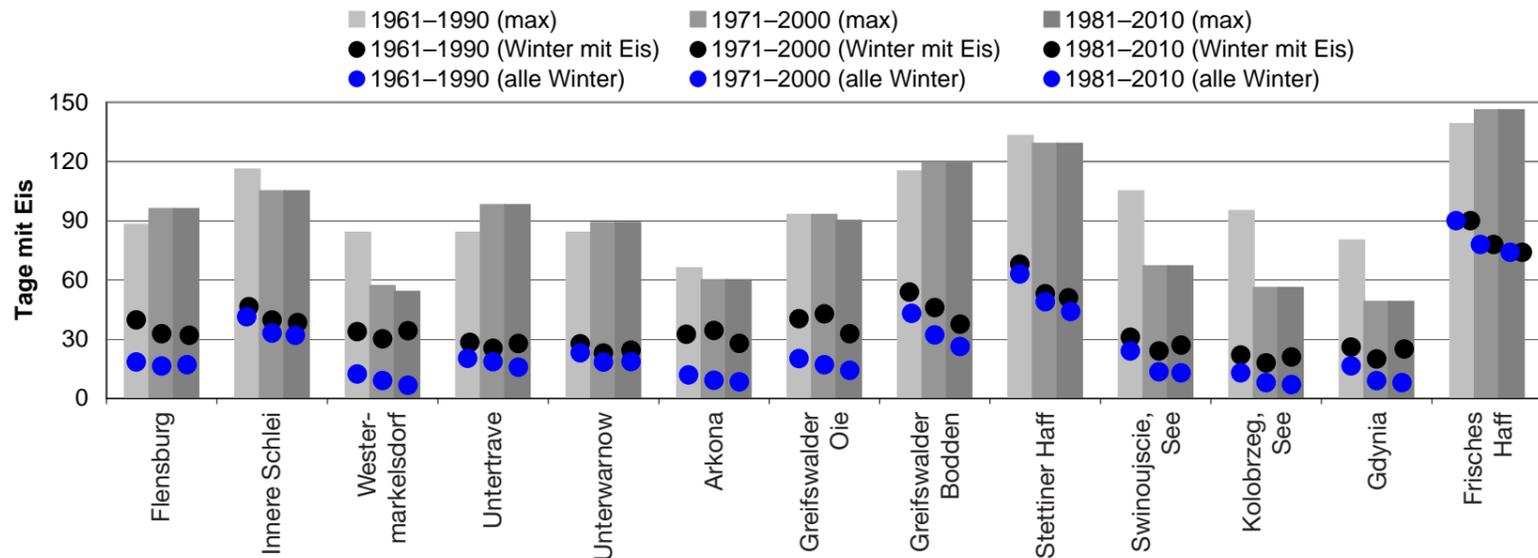


Abb. 41: Mittlere Anzahl der Tage mit Eis (für alle Winter), mittlere Anzahl der Tage mit Eis (nur für Winter mit Eis), maximale Anzahl der Tage mit Eis an der südlichen Ostseeküste in den 30-jährigen Zeiträumen 1961–1990, 1971–2000 und 1981–2010

In den geschützt liegenden Küstengewässern (Frisches Haff, Stettiner Haff, Unterwarnow, Untertrave, Schlei) ist die Differenz zwischen der Anzahl der Tage mit Eis in allen Wintern und nur in den Wintern mit Eisvorkommen minimal oder so wie im Frischen Haff gleich Null, da die Häufigkeit des Eisauftretens in diesen Bereichen zwischen 80 und 100 % beträgt. In größeren Gewässern (Greifswalder Bodden, Danziger Bucht) oder in den Seebereichen beträgt die Differenz zwischen 10 und 25 Tagen. Man muss sich im Klaren sein, wofür dieser Parameter gebraucht wird, und die höheren Zahlen immer zusammen mit der Häufigkeit angeben.

Die Anzahl der Tage nimmt von Ost nach West und von inneren Gewässern zum Seebereich ab, eine leichte Tendenz zur

Abnahme der Tage mit Eis im Vergleich zu den letzten 30 Jahren ist zu erkennen.

Die maximale Anzahl der Tage mit Eis wird in besonders kalten und langen Wintern erreicht. In jeder betrachteten 30-jährigen Periode ist mindestens ein eisreicher Winter zu finden, z. B. 1962/63, 1978/79, 1995/96. Eine signifikante Abnahme (30 Tage) wurde nur an der Station Westermarkelsdorf und an der polnischen Küste vom Zeitraum 1961–1990 zum Zeitraum 1971–2000 beobachtet. In anderen Bereichen werden in sehr kalten Wintern eine fast gleiche maximale Anzahl der Tage mit Eis erreicht.

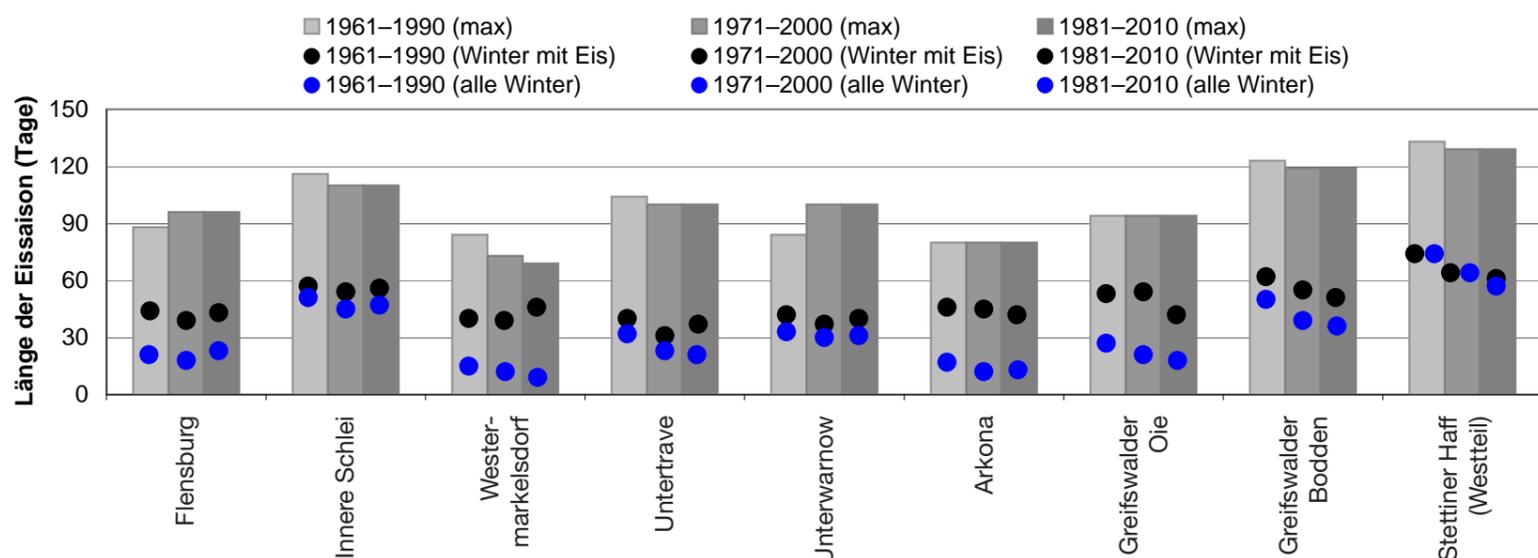


Abb. 42: Mittlere Länge der Eissaison (für alle Winter), mittlere Länge der Eissaison (nur für Winter mit Eis), maximale Länge der Eissaison an der deutschen Ostseeküste in den 30-jährigen Zeiträumen 1961–1990, 1971–2000 und 1981–2010

Das Verhalten der mittleren und der maximalen Werte der Länge der Eissaison und ihre Änderung im Verlauf der Jahre ist identisch mit dem Verhalten und der Veränderung des Parameters Anzahl der Tage mit Eis.

Die Mittelwerte der in einer Eissaison erreichten maximalen Eisdicke, berechnet nur für Winter mit Eisvorkommen, haben

sich in meisten Küstengewässern nicht wesentlich verändert. Die maximalen Eisdicken traten im extrem strengen Eiswinter 1962/63, also im Zeitraum 1961–1990, auf und überragen die maximalen Eisdicken in anderen hier betrachteten Zeiträumen um 10 bis 20 cm.

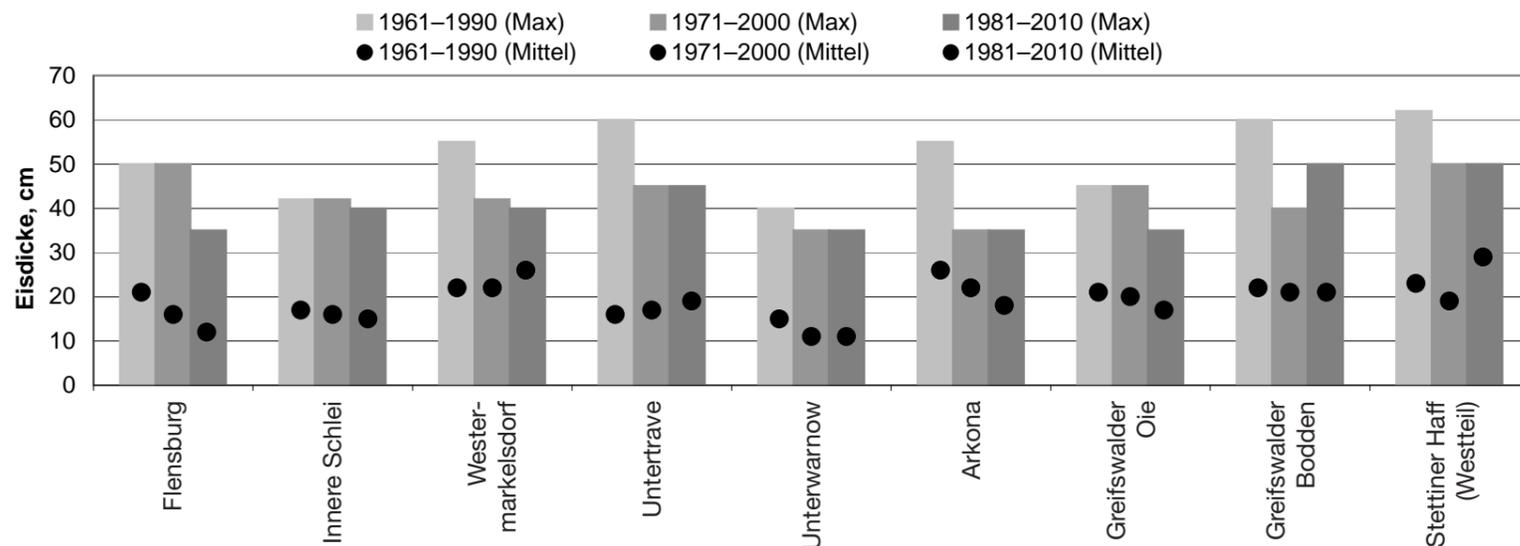


Abb. 43: Mittlere (nur für Winter mit Eis) und extreme Daten der maximalen Eisdicken, die in einer Eissaison an der deutschen Ostseeküste in den 30-jährigen Zeiträumen 1961–1990, 1971–2000 und 1981–2010 erreicht wurden

Änderung der Eisverhältnisse im Seebereich

(vgl. Karten auf der CD)

Die Änderung der Eisverhältnisse auf See im Verlauf der Jahre ist identisch mit der Veränderung des Eisverhaltens in Küstennähe.

Zusammenfassend kann man für beide Bereiche folgendes feststellen:

- Die Häufigkeit des Eisauftretens hat seit 1961 kontinuierlich abgenommen, besonders stark im Seebereich der westlichen Ostsee und östlich von Bornholm. Die kleinste Wahrscheinlichkeit wurde in den letzten 30 Jahren registriert. Auch die Häufigkeit des Auftretens von für die Schifffahrt schwierigen Eises (Bedeckung > 7/10 und Dicke > 10 cm) hat entsprechend abgenommen, aber in starken und sehr starken Eiswintern muss weiterhin mit schwierigen Eisverhältnissen und erheblichen Schifffahrtsbehinderungen gerechnet werden. Obwohl gegenwärtig eine Tendenz zu milderen Eiswintern besteht, ist im Bereich der westlichen und südlichen Ostsee auch in Zukunft mit dem Auftreten von starken bis extrem starken Eiswintern zu rechnen (Vavrus et al., 2006; Kodra et al., 2011).
- Die Eisbildung im Frischen und Stettiner Haff beginnt normalerweise zwischen dem 10. und 20. Dezember, in den inneren Gewässern um den 1. Januar, im Seebereich der westlichen Ostsee und an der polnischen Außenküste Mitte Januar, in der Pommerschen Bucht Anfang Januar. Es sind keine große Änderungen im mittleren Beginn der Eisbildung in den verschiedenen analysierten Zeiträumen zu verzeichnen. Im Mittel verschwindet das letzte Eis in den inneren Abschnitten der Küste Ende Februar/Anfang März, auf See kann noch Mitte März Resteis auftreten. Am längsten blieb das Eis an der Küste im Zeitraum 1961–1990 liegen, in den letzten 30 Jahren wurden die Küstengewässer etwa 10 Tage eher eisfrei. Auf See sind für diesen Parameter keine Änderungen zu sehen, in der westlichen Ostsee ist sogar eine leichte Tendenz zu einem späteren Termin festzustellen. Die Extremwerte zeigen einen leichten Trend zum früheren Beginn in den Küstengewässern und zum späteren Beginn in der Pommerschen Bucht, die Daten für das späteste Ende haben sich nicht verändert.
- Die Anzahl der Tage mit Eis nimmt von Ost nach West und von den inneren Gewässern zum Seebereich ab, eine leichte Tendenz zur Abnahme der Tage mit Eis im Vergleich zu den letzten 30 Jahren ist zu erkennen. Die maximale Anzahl der Tage mit Eis wird in besonders kalten und langen Wintern erreicht. In jeder betrachteten 30-jährigen Periode ist mindestens ein eisreicher Winter zu finden, z. B. 1962/63, 1978/79, 1995/96. Eine signifikante Abnahme (30 Tage) wurde nur im Seebereich westlich und östlich von Bornholm im Zeitraum 1971–2000 beobachtet. In der 30-jährigen Periode 1981–2010 wurden in sehr kalten Wintern eine fast gleiche maximale Anzahl der Tage mit Eis wie im Zeitraum 1971–2000 erreicht.
- In allen Wintern in den analysierten Zeiträumen hat die Eisbedeckung etwa um 10 % vom Zeitraum 1961–1990 zum Zeitraum 1981–2010 abgenommen. Besonders deutlich zeigt sich dieser Trend für den Seebereich der westlichen Ostsee. In den Wintern mit Eisvorkommen variiert die Eisbedeckung von 100 % in den Küstenbereichen bis 75 % auf See und bleibt in allen Gebieten etwa vergleichbar. Die maximale Eisbedeckung hat sich im betrachteten Zeitraum kaum verändert.
- In den Wintern mit Eisvorkommen wird das Eis in geschützten Küstengewässern im Mittel 10–20 cm, im größten Teil des Seegebiets 5–20 cm dick. In besonders kalten und langen Wintern muss man in einigen Abschnitten mit Eisdicken bis zu 50 cm rechnen. Die maximalen Eisdicken bis zu 70 cm traten im Bereich der Kieler und Lübecker Bucht, sowie in den Gewässern um Rügen meist im Zeitraum 1961–1990 auf. Die Eisdicken erreichten im Winter 1962/63 im Stettiner Haff, in der Puck-Bucht und im Frischen Haff Werte von 64 cm. Ab 1971 bis heute wurden Eisdicken von maximal 50 cm, im Seegebiet nördlich von Rügen von maximal 30 cm gemessen. 70 cm wurden nur im extrem starken Eiswinter 1962/63 beobachtet. Diese Dicke entstand in den westlichen Teilen der oben genannten Gewässer durch Zusammenschieben und Zusammenfrieren des Eises (ausgeprägte Hochdruckwetterlagen über Osteuropa bringen mit auffrischenden Ostwinden sehr kalte Luft nach Westeuropa).

Literatur

- DHI: 1956, „Atlas der Eisverhältnisse der Deutschen Bucht und westlichen Ostsee“, Hamburg
- Girjatowicz, J. P.: 1990, „Atlas Zlodzenia Wód Polskiego Wybrzeża Bałtyku“, Szczecin
- Feistel, R., T. Seifert, S. Feistel, G. Nausch, B. Bogdanska, B. Broman, L. Hansen, J. Holfort, V. Mohrholz, G. Schmage, E. Hagen, I. Perlet, N. Wasmund: 2008, *Digital Supplement*. In: *State and Evolution of the Baltic Sea, 1952–2005*. Edited by R. Feistel, G. Nausch and N. Wasmund. Wiley 703 pp. ISBN 978-0-471-97968-5
- Kodra E., Steinhäuser, K., and Auroop R. Ganguly: 2011, „*Persisting cold extremes under 21st-century warming scenarios*“, *Geophysical Research Letters*, Vol. 38, L08705, DOI: 10.1029/2011GL047103
- Koslowski, G.: 1987, „*Der Eiswinter 1986/87 im deutschen Küstengebiet zwischen Ems und Trave*“, *Dt. hydrogr. Z.* 40, 115–123
- Koslowski, G.: 1989, „*Die flächenbezogene Eisvolumensumme, eine neue Maßzahl für die Bewertung des Eiswinters an der Ostseeküste Schleswig-Holsteins und ihr Zusammenhang mit dem meteorologischen Charakter des meteorologischen Winters*“, *Dt. hydrogr. Z.* 42, 61–80
- Matthäus, W.: 2005, <http://www.io-warnemuende.de/ursachen-von-salzwassereinbruechen-in-die-ostsee.html>
- Matthäus, W., Nehring, D., Feistel, R., Nausch, G., Mohrholz, V., and Lass, H.-U.: 2008, „*The Inflow of Highly Saline Water into the Baltic Sea*“. In: *State and Evolution of the Baltic Sea, 1952–2005*. Edited by R. Feistel, G. Nausch and N. Wasmund. Wiley 703 pp. ISBN 978-0-471-97968-5
- Przygodzki, P.: 2010, „*Study of the spatial and temporary changes of ice conditions (years 1960–2010) with particular regard of the Szczecin Lagoon*“, Project DS.-H4.2
- Schmelzer N., Seina A., Lundqvist J. E., Sztobryn M.: 2008, „*Ice*“. In: *State and Evolution of the Baltic Sea, 1952–2005*. Edited by R. Feistel, G. Nausch and N. Wasmund. Wiley 703pp. ISBN 978-0-471-97968-5
- Schmelzer N.: 2009, „*Digitising of historical ice charts*“, Presentation on the 2nd Ice Chart Analysts Workshop in Tromsø, Norway
- SHD: 1952, „*Die Eisverhältnisse in den deutschen Ost- und Nordseegebieten und in den Gewässern zwischen Ost- und Nordsee*“, Berlin
- SMHI, FIMR: 1982, „*Climatological Ice Atlas for the Baltic Sea, Kattegat, Skagerrak and Lake Vänern (1963–1979)*“, Norrköping
- Sztobryn M.: 2006. „*Sea ice condition – Polish coastal waters 1955–2005. Severity index.*“ IMGW, Report of IMGW Project DS.-H7, (in Polish)
- Sztobryn M.: 2007, „*Reconstruction of sea ice severity index from 1896–1946*“, Report of IMGW Project DS.-H7, IMGW (in Polish)
- Sztobryn M., Mykita M., Kowalska B., Stanisławczyk I.: 2008, „*Warunki zlodzenia na południowym Bałtyku w latach 1896–2005*“ in *Mat. Konf.*: 125 Sztobryn M. et al: 2009, „*Report of KLIMAT project*“, on www.klimat.imgw.pl, main editor Mietus M.
- Sztobryn M., Mykita M., Kowalska B., Stanisławczyk I.: 2009, „*Ice conditions in the Baltic Sea, 1896–2005*“, *Polish Journal of Environmental Studies*, Vol. 18, No. 2A, 218–222
- Sztobryn M., Schmelzer N., Vainio J., Eriksson P.B.: 2009, „*Sea Ice Index*“, *Proceedings of the Sixth Workshop on Baltic Sea Ice Climate*, Report Series in Geophysics, University of Helsinki, No 61, 82–91
- Sztobryn M. et al.: 2010, „*Report of KLIMAT project*“, on www.klimat.imgw.pl, main editor Mietus M.
- Sztobryn M., Wójcik R.: 2010, „*Impact of climate change on the Baltic Sea ice conditions*“, 20th IAHR International Symposium on Ice, Finland
- Vavrus S., Walsh J. E., Chapman W. L., Portis D.: 2006, „*The behavior of extreme cold air outbreaks under greenhouse warming*“, *International Journal of Climatology*, Volume 26, Issue 9, pages 1133–1147, July 2006
- WMO: 2004, „*Ice Chart Colour Code standard*“, JCOMM Technical Report No. 24, WMO/TD-No. 1215

Abkürzungen

BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
DHI	Deutsches Hydrographisches Institut (bis 1990)
FIMR	Finnish Institute of Marine Research
IMGW	Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
SHD	Seehydrographischer Dienst (bis 1990)
SMHI	Swedish Meteorological and Hydrological Institute
WMO	World Meteorological Organisation

Adressen der Autoren

N. Schmelzer, J. Holfort
 Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
 Neptunallee 5
 18057 Rostock
 GERMANY

M. Sztobryn, P. Przygodzki
 Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
 Oddział Morski w Gdyni
 Ul. Waszyngtona 42
 81-342 Gdynia
 POLAND