

KLIWAS Schriftenreihe KLIWAS-59/2014

Die KLIWAS Nordseeklimatologie
für ozeanographische und meteorologische
In-Situ Daten

Koblenz, im Januar 2014



BUNDESAMT FÜR
SEESCHIFFFAHRT
UND
HYDROGRAPHIE



Universität Hamburg
DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG





KLIWAS Schriftenreihe KLIWAS-59/2014

Die KLIWAS Nordseeklimatologie
für ozeanographische und meteorologische
In-Situ Daten

Authors:

Detlef Stammer, Manfred Bersch,
Remon Sadikni, Annika Jahnke-
Bornemann, Viktor Gouretski,
Iris Hinrichs (ICDC, CliSAP, UHH)

Hartmut Heinrich, Birgit Klein,
Holger Klein, Nils Schade (BSH)

Gudrun Rosenhagen, Birger Tinz,
Christiana Lefebvre (DWD)

Seite

Kapitel

Inhaltsverzeichnis

04		LISTE DER TABELLEN
05		LISTE DER ABBILDUNGEN
07	1	EINFÜHRUNG
08	2	BEARBEITUNG DER METEOROLOGISCHEN DATENSÄTZE
08	2.1	ZUSAMMENFASSUNG
08	2.2	DATENGRUNDLAGE
12	2.3	BERECHNUNGSMETHODE DER MITTELWERTE
15	2.4	MONATLICHE UND JÄHRLICHE MITTELWERTE
15	2.4.1	LUFTTEMPERATUR
19	2.4.2	LUFTDRUCK
21	2.4.3	TAUPUNKT
23	2.4.4	RELATIVE FEUCHTE
27	2.5	IMPLEMENTIERUNG
28	2.6	REFERENZEN
29	3	BEARBEITUNG DER HYDROGRAPHISCHEN DATENSÄTZE
29	3.1	DOWNLOAD, UMFORMATIERUNG UND AUSWAHL DER DATEN
31	3.2	QUALITÄTSKONTROLLE
37	3.3	MONATLICHE UND JÄHRLICHE MITTELWERTE
39	3.4	DATENFORMAT
40	3.5	REFERENZEN
41	4	DATENZUGANG UND IT-STRUKTUR
41	4.1	STRUKTUR
41	4.2	WEBSITE
41	4.3	THREDDS DATA SERVER
41	4.4	LIVE ACCESS SERVER (LAS)
42	4.5	ZUSÄTZLICHES WEBFRONTEND

Seite

Kapitel

Inhaltsverzeichnis

43	ANHANG A: QUALITÄTSFLAGS DES DWD-DATENSATZES
44	ANHANG B: LISTE DER VERWENDETEN PROGRAMME
44	METEOROLOGISCHER TEIL:
45	HYDROGRAPHISCHER TEIL:

Seite

Tabelle

Liste der Tabellen

METEOROLOGIE

09	1	FELDER DER ASCII-DATEI MIT METEOROLOGISCHEN BEOBACHTUNGSDATEN
18	2	KORRELATIONEN ZWISCHEN ATMOSPHERISCHEN PARAMETERN DER KLIWAS-NORDSEEKLIMATOLOGIE (KNSC) UND VERSCHIEDENEN ATMOSPHERISCHEN REANALYSEDATENSATZE
27	3	PARAMETERNAMEN UND EINHEITEN DER VARIABLEN DER NETCDF-DATEIEN
43	6	BEDEUTUNG DER DWD QUALITÄTSFLAGS
44	7	BEDEUTUNG DER DWD QUALITÄTSFLAGS

HYDROGRAPHIE

30	4	TABELLE DER EMPIRISCHEN WERTE A UND B FÜR DIE BERÜCKSICHTIGUNG VON DATENLÜCKEN IN DEN VERTIKALPROFILIEN ALS FUNKTION DER TIEFE
39	5	PARAMETERNAMEN UND EINHEITEN DER VARIABLEN DER NETCDF-DATEIEN
45	8	MATLAB-PROGRAMME FÜR DIE AUFBEREITUNG DER HYDROGRAPHISCHEN DATEN

Seite

Abbildungen

Liste der Abbildungen

METEOROLOGIE

- | | | |
|----|----|--|
| 10 | 1 | EINZELWERTE DER LUFTTEMPERATUR IN °C ALLER DEZEMBER IN DEN ZEITRÄUMEN 1950-1959 UND 1980-1989 |
| 11 | 2 | DURCHSCHNITTLICHE ANZAHL DER MESSWERTE PRO MONAT UND DURCHSCHNITTLICHE ANZAHL DER 6-TAGE-FENSTER MIT MESSWERTEN PRO MONAT, JEWEILS PRO BOX ÜBER DEN GESAMTEN ZEITRAUM 1950-2010 FÜR DIE PARAMETER LUFTTEMPERATUR, LUFTDRUCK UND TAUPUNKT |
| 13 | 3 | KORREKTURSUMMAND: ABWEICHUNG UM 0, 6, 12, 18 UHR (UTC) VOM TAGESMITTEL, HIER AM BEISPIEL DER LUFTTEMPERATUR EINER BOX (56,5° N, 4,5° E) FÜR DEZEMBER, REFERENZPERIODE 1950-2010 |
| 13 | 4 | DER MITTLERE JAHRESGANG DER LUFTTEMPERATUR IN °C WURDE AUS DER BETRACHTETEN BOX PLUS DER 8 UMGEBUNGSBOXEN ÜBER DEN ZEITRAUM 1950-2010 ERMITTELT. |
| 14 | 5 | KORREKTURSUMMAND ALS ABWEICHUNG DES FITS VOM MONATSMITTEL DES GESAMTZEITRAUMS 1950-2010 FÜR DEN MONAT DEZEMBER (OCKERGELB), HIER AM BEISPIEL DER LUFTTEMPERATUR EINER BOX DES 5. DEZEMBERS |
| 14 | 6 | SEQUENZDIAGRAMM DER MONATSMITTELWERTBILDUNG AM BEISPIEL DEZEMBER |
| 16 | 7 | MONATSMITTEL DER LUFTTEMPERATUR IN °C FÜR DEZEMBER IM BEZUGSZEITRAUM 1950-1964 |
| 17 | 8 | MONATSMITTEL DER LUFTTEMPERATUR IN °C FÜR DEZEMBER IM BEZUGSZEITRAUM 1980-94, DER SICH DURCH EINE WESENTLICH BESSERE ABDECKUNG IM VERGLEICH ZU ABB. 7 AUSZEICHNET |
| 17 | 9 | 30-JÄHRIGE MITTEL DER LUFTTEMPERATUR IN °C DER MONATE JUNI UND DEZEMBER FÜR DEN BEZUGSZEITRAUM 1981-2010 |
| 19 | 10 | SCATTERPLOT DES VERGLEICHS DER LUFTTEMPERATURMONATSMITTEL IN °C DER KLIWAS-NORDSEEKLIMATOLOGIE MIT DER NCEP REANALYSE 1 FÜR DEN ZEITRAUM 1950-2010 |
| 20 | 11 | 30-JÄHRIGE MITTEL DES LUFTDRUCKS IN HPA DER KLIWAS-NORDSEEKLIMATOLOGIE DER MONATE JUNI UND DEZEMBER, BEZUGSZEITRAUM 1981-2010 |
| 20 | 12 | SCATTERPLOT DES VERGLEICHS DER LUFTDRUCKMONATSMITTEL IN HPA DER KLIWAS-NORDSEEKLIMATOLOGIE MIT NCEP REANALYSE 1 FÜR DEN ZEITRAUM 1950-2010 |
| 21 | 13 | 30-JÄHRIGE MITTEL DES TAUPUNKTS IN °C DER KLIWAS-NORDSEEKLIMATOLOGIE DER MONATE JUNI UND DEZEMBER, BEZUGSZEITRAUM 1981-2010 |
| 22 | 14 | SCATTERPLOT DES VERGLEICHS DER TAUPUNKTMONATSMITTEL IN °C DER KLIWAS-NORDSEEKLIMATOLOGIE MIT ERA-40 FÜR DEN ZEITRAUM 1957-2002 |

Seite	Abbildungen	
23	15	30-JÄHRIGE MITTEL DER RELATIVEN FEUCHTE IN PROZENT DER KLIWAS-NORDSEE-KLIMATOLOGIE DER MONATE JUNI UND DEZEMBER BEZUGSZEITRAUM 1981-2010
24	16	SCATTERPLOT DES VERGLEICHS DER RELATIVE-FEUCHTE-MONATSMITTEL IN PROZENT DER KLIWAS-NORDSEKLIMATOLOGIE MIT DER NCEP REANALYSE 1
25	17	30-JÄHRIGE MITTEL DER WINDGESCHWINDIGKEIT IN M/S DER KLIWAS-NORDSEE KLIMATOLOGIE DER MONATE JUNI UND DEZEMBER 1981-2010
26	18	SCATTERPLOT DES VERGLEICHS DER WINDGESCHWINDIGKEITSMONATSMITTEL IN M/S DER KLIWAS-NORDSEKLIMATOLOGIE IN M/S MIT DER NCEP REANALYSE 1 (10M WINDGESCHWINDIGKEIT) FÜR DEN ZEITRAUM 1950-2010

HYDROGRAPHIE

29	19	JÄHRLICHE ANZAHL DER CTD-, BTL- UND PFL-STATIONEN/PROFILE MIT TEMPERATUR- UND/ODER SALZGEHALTSDATEN
31	20	ZEITLICHE ABDECKUNG DER REGION DURCH BOXEN MIT STATIONEN (JAHRE MIT MESSUNGEN IM ZEITRAUM 1900-2010 IN PROZENT)
33	21	MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG ALLER GUTEN TEMPERATUR- UND SALZGEHALTSDATEN AN DER MEERESOBERFLÄCHE IM ZEITRAUM 1890 – 2011
34	22	MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG ALLER GUTEN TEMPERATURDATEN AN DER MEERESOBERFLÄCHE FÜR FEBRUAR UND AUGUST IM ZEITRAUM 1890 – 2011
35	23	MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG ALLER GUTEN SALZGEHALTSDATEN AN DER MEERESOBERFLÄCHE FÜR FEBRUAR UND AUGUST IM ZEITRAUM 1890 – 2011
35	24	VERTIKALE VERTEILUNG (0 - 5000 M) DER STANDARDABWEICHUNGEN VON TEMPERATUR UND SALZGEHALT ALLER BOXEN IM ZEITRAUM 1890 – 2011
36	25	ANTEIL DER DURCH DIE QUALITÄTSKONTROLLE ELIMINIERTEN TEMPERATUR-BEOBACHTUNGEN ALS FUNKTION DER ZEIT, DER BEOBACHTUNGSTIEFE UND DER WASSERTEMPERATUR
38	26	VERGLEICH DER JÄHRLICHEN TEMPERATUREN AN DER MEERESOBERFLÄCHE (GESAMTE REGION) ZWISCHEN DER NEUEN KLIMATOLOGIE (KNSC) UND DER HADISST1-KLIMATOLOGIE FÜR DIE ZEITRÄUME 1890-1950 UND 1951-2011
38	27	VERGLEICH DER JÄHRLICHEN SALZGEHALTE IN 200 M (LINKS) UND 1000 M (RECHTS) TIEFE (GESAMTE REGION) ZWISCHEN DER NEUEN KLIMATOLOGIE (KNSC) UND DER KLIMATOLOGIE DES JAPAN MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY CENTER (ISHII) FÜR DEN ZEITRAUM 1945 BIS 2011

1 Einführung

Das Integrated Climate Data Center (ICDC) am Exzellenzcluster CliSAP der Universität Hamburg (Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit, CEN) hat gemeinsam mit dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie und dem Seewetteramt des Deutschen Wetterdienstes neue klimatologische Referenzdatensätze (Klimatologien) für die Klima- und Klimaanpassungsforschung in der Nordsee entwickelt.

Die KLIWAS Nordseeklimatologie für ozeanographische und meteorologische In-Situ Daten

BSH
DWD
UHH-CEN

In dem vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) geförderten Vorhaben zur Anpassung an den Klimawandel „KLIWAS Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt – Entwicklung von Anpassungsoptionen“ (<http://www.kliwas.de>) wurden alle verfügbaren meteorologischen (ab 1950) und ozeanographischen (ab 1890) Messdaten der Nordsee und des angrenzenden Atlantiks gesammelt, einer umfangreichen Qualitätsprüfung unterzogen und zu zeitlich gemittelten Feldern verarbeitet. Insgesamt wurden über 13 Millionen Daten der Wassertemperatur, über 12 Millionen Salzgehaltsdaten sowie über 19 Millionen atmosphärische Datensätze (Lufttemperatur, Luftdruck und Taupunkt) ausgewertet. Damit werden erstmalig ozeanische und atmosphärische Klimatologien für die Nordsee gemeinsam zur Verfügung gestellt. Es ist geplant, die Analysen in der Zukunft sukzessive durch neue Datensätze zu erweitern und zu verbessern.

Anlass für die Erstellung von neuen Klimatologien für den Nordseeraum und den Nordostatlantik war der Bedarf an qualitätsgeprüften Referenzdaten zur Ermittlung der räumlichen und zeitlichen Variabilität sowie zur Bewertung von regional hoch aufgelösten Klimaprojektionen in Ozean und Atmosphäre.

In der KLIWAS North Sea Climatology (KNSC) werden neue atmosphärische und ozeanische Klimatologien über ein öffentlich zugängliches Portal am ICDC für verschiedene Referenzperioden auf Monats- und Jahresbasis graphisch dargestellt. Die Gitterpunktdaten werden kostenfrei im Downloadverfahren zur Verfügung gestellt.

2 Bearbeitung der meteorologischen Datensätze

2.1 Zusammenfassung

Dies ist die erste Version (1.0) einer meteorologischen Klimatologie für die Nordsee im Bereich 47° N bis 65° N, 15° W bis 15° E (Zitat: Remon Sadikni, Manfred Bersch, Annika Jahnke-Bornemann (2013): Meteorological Climatology of the North Sea and Surrounding Regions, Center for Earth System Research and Sustainability (CEN), University of Hamburg). Sie enthält mittlere Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur, des Luftdrucks und des Taupunkts auf einem 1° x 1° Gitter für die Zeit von 1950 bis 2010. Für jeden Monat wurden Klimatologien für die Standard-Zeiträume 1951-1980, 1961-1990, 1971-2000 und 1981-2010 berechnet.

2.2 Datengrundlage

Für die Berechnung der Mittelwerte wurden alle verfügbaren qualitätskontrollierten Daten aus dem maritimen Archiv des Deutschen Wetterdienstes (DWD) des Zeitraums 1950 bis 2010 verarbeitet. Sie enthalten Meldungen von fahrenden Schiffen, Bojen und Plattformen. Ergänzt wurde diese Sammlung mit Daten des International Climate Ocean Atmosphere Data Set ICOADS (Worley et al., 2005).

Aus den insgesamt ca. 19.4 Millionen maritim-meteorologischen Datensätzen wurden die Parameter Lufttemperatur, des Luftdrucks, der Windgeschwindigkeit, der relativen Feuchte und des Taupunktes sowie die zugehörigen Qualitätsflags extrahiert, Fehlwerte sind mit -9999 bzw. -9999.0 angegeben. Das resultierende neue Daten-Format enthält 21 Spalten mit folgendem Inhalt:

Spalten- nummer	Name	Kürzel
1	Jahreszahl	jahr
2	Monat	mon
3	Tag	tag
4	Stunde	uhr
5	Minute	minu
6	Oktant	okt
7	Breitengrad	brei
8	Längengrad	laen
9	Qualitätsflag Relative Feuchte	q0
10	Qualitätsflag Windrichtung	q4
11	Qualitätsflag Windgeschwindigkeit	q5
12	Qualitätsflag Lufttemperatur	q6
13	Qualitätsflag Luftdruck	q8
14	Qualitätsflag Position	q20
15	Qualitätsflag Datum	q21
16	Windrichtung	dd
17	Windgeschwindigkeit	ff
18	Lufttemperatur	tl
19	Taupunkt	td
20	Relative Feuchte	relf
21	Luftdruck (NN)	pppp

Tabelle 1: Felder der ASCII-Datei mit meteorologischen Beobachtungsdaten.

Der DWD nutzt automatische Programme auf der Algorithmen-Basis von Höflich et al. (1975) zur Qualitätskontrolle aller eingehenden maritim-meteorologischen Daten. Das Vorgehen ist vergleichbar mit den Verfahren von Gandlin (1987) und Ishii et al. (2003). Zur Weiterverarbeitung dieser Daten wurden hier in einem ersten Schritt die Daten auf Dopplungen untersucht, d.h. auf entweder bereits existierende oder doppelt bzw. mehrfach erhaltene Meldungen. Es wird geprüft, ob jede Spalte die korrekten Daten und eine Datum/Uhrzeit-Angabe enthält. Aus den gemeldeten Angaben von Position, Kurs und Geschwindigkeit wird eine Positionsverfolgung durchgeführt. Dafür werden die Beobachtungen mit den Positionen der vorhergehenden und nachfolgenden Meldungen in Relation gebracht. Ferner werden Beobachtungen im Umfeld, räumlich wie zeitlich, verglichen („Nachbarschaftstest“).

In einem weiteren Schritt folgte ein sogenannter Klimatest: Hier wird untersucht, ob die Messwerte, je nach geographischer Position, innerhalb sinnvoller klimatologischer Grenzen liegen (Mini- und Maxima) Luftdruck, Luft- und Wassertemperatur werden dabei mit Grenzwerten, die auf den Extremen des Reanalyse-Datensatzes ERA-Interim basieren, verglichen. Spezielle Routinen prüfen schließlich auf Konsistenz und Einhaltung meteorologischer Gesetze (z.B. Taupunkt \leq Lufttemperatur). Alle Atmosphären-Beobachtungen sind mit Qualitätsflags versehen (siehe Anhang A) und wurden im Fall eines fragwürdigen oder falschen Wertes manuell überprüft und, soweit möglich, korrigiert.

Für die Nordseeklimatologie wurden nur Daten mit ausreichendem Qualitätsniveau (Qualitätsflags C-H) und nur die Messungen zu den Uhrzeiten 0, 6, 12 und 18 Uhr UTC verwendet. Dadurch soll eine Dominanz der zeitlich höher aufgelösten, meist mindestens stündlichen Werte der automatischen Messungen, die in den letzten Jahren deutlich zugenommen haben, verhindert werden. Die Anzahl der statistisch ausgewerteten Messwerte wird getrennt für jeden einzelnen Parameter in den Ergebnissen dargestellt.

Um einen Überblick über die Datenlage zu gewinnen, wurden zunächst die Einzelmesswerte graphisch dargestellt. Abb. 1 zeigt hierfür beispielhaft die Werte der Lufttemperatur für die Dezembermonate der Zeiträume 1950-59 und 1980-89.

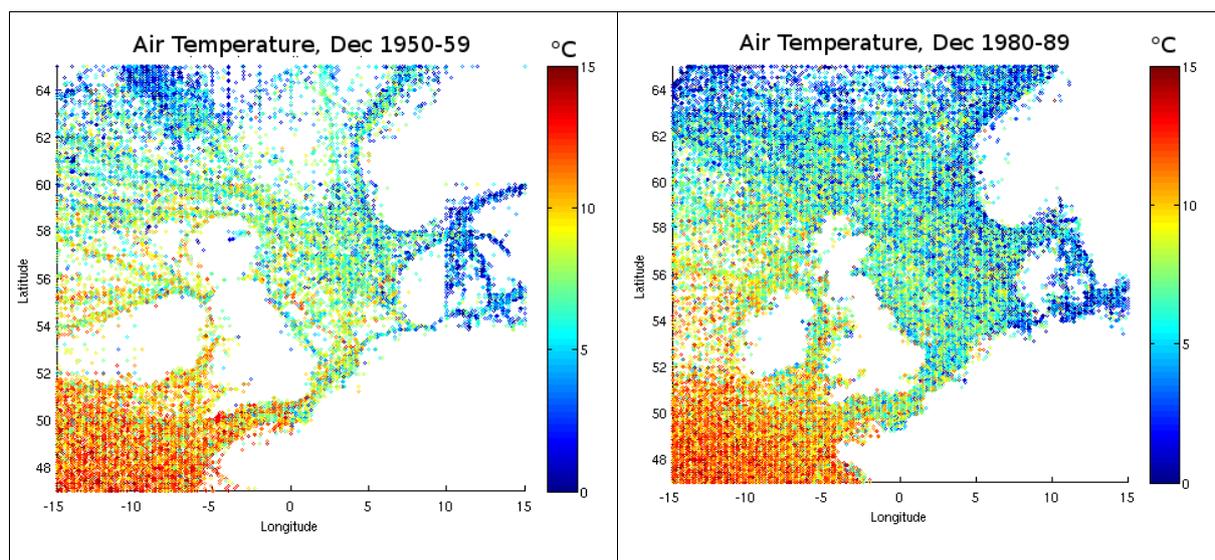


Abb.1: Einzelwerte der Lufttemperatur in °C aller Dezember in den Zeiträumen 1950-59 (links) und 1980-89 (rechts). Werte von Land wurden nicht berücksichtigt.

Um sich ein Bild über die räumliche Verteilung der vorhandenen Messdaten zu verschaffen, wurden die Daten in $1^\circ \times 1^\circ$ Boxen monatsweise aufgeteilt und, um die zeitliche Belegung innerhalb der einzelnen Monate zu untersuchen, die Belegung der 6-Tage-Fenster jedes Monats (Tag 1-6, 7-12, 13-18, 19-24, 25-Ende des Monats) festgestellt. Abb. 2 zeigt die durchschnittliche Anzahl der Messwerte pro Monat und Box sowie die Verteilung der Messungen auf den Monat im Gesamtzeitraum für die Parameter Lufttemperatur, Luftdruck und Taupunkt.

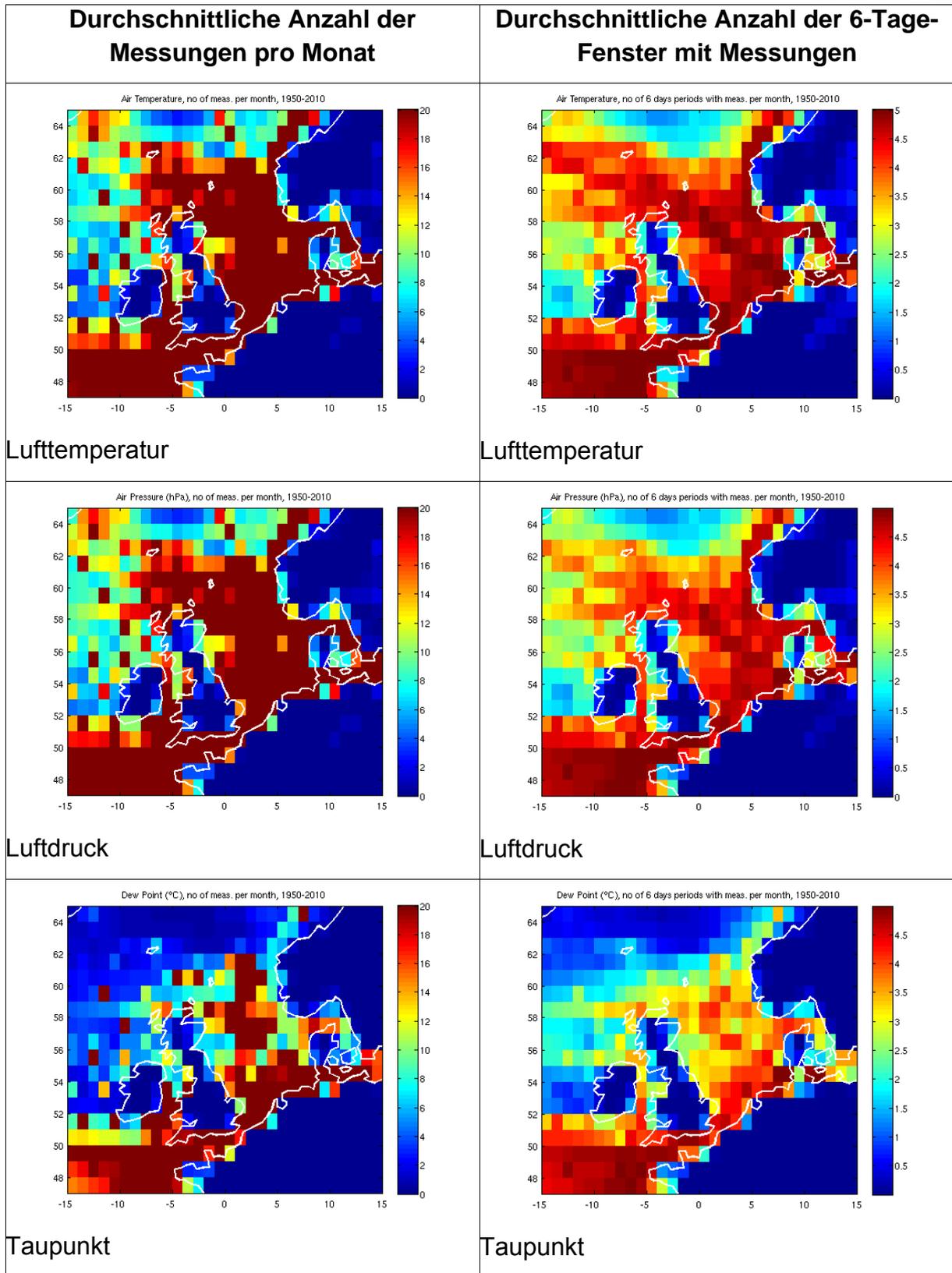


Abb. 2: Linke Spalte: Durchschnittliche Anzahl der Messwerte pro Monat, rechte Spalte: Durchschnittliche Anzahl der 6-Tage-Fenster mit Messwerten pro Monat, jeweils pro Box über den gesamten Zeitraum 1950-2010 für die Parameter Lufttemperatur, Luftdruck und Taupunkt.

2.3 Berechnungsmethode der Mittelwerte

Zur Berechnung der Mittelwerte wurden die Beobachtungsdaten von Lufttemperatur, Luftdruck, Windgeschwindigkeit, Relative Feuchte und Taupunkt in $1^\circ \times 1^\circ$ -Boxen aufgeteilt. Dabei ergab sich eine relativ schlechte räumliche und teilweise auch zeitliche Datenverteilung. Um eine bessere räumliche Verteilung zu erhalten und Monatsmittel für Einzeljahre berechnen zu können, wurde folgende Methode angewandt:

1) Für Parameter, die einen Jahresgang und/oder einen Tagesgang aufweisen, erfolgte eine Anpassung der Messwerte jeder Box entsprechend ihrer Lage zur Monatsmitte bzw. zur Tageszeit mit dem mittleren Tages- und Jahresgang der Gitterzelle. Dadurch ließ sich der Einfluss der ungleichen Belegung über den Tag bzw. das Jahr eliminieren und alle Werte waren nutzbar. Es wird so verhindert, dass bei der Mittelwertbildung einzelne Messzeitpunkte überbewertet werden, wodurch die Klimatologie verfälscht werden würde.

2) Sofern die Anzahl von Messwerten pro Box und Monat festgelegte Grenzen unterschritt, wurden bei der Mittelwertberechnung eines Monats die Werte der umliegenden Boxen in zwei Schritten mit einbezogen. Im ersten Schritt wurden die Daten der acht Nachbarboxen hinzugezogen. War die Datenmenge nach wie vor unzureichend, wurde im zweiten Schritt der Umkreis erweitert und die Daten der nächsten 16 Boxen dazu genommen. Die Boxmittel basieren somit auf den Messwerten von maximal 25 Boxen. Bei der Mittelwertbildung fand keine Gewichtung der räumlichen Verteilung innerhalb der Boxen statt, vielmehr wurden sämtliche Daten arithmetisch gemittelt und den Zentren der Boxen zugeordnet:

Breitengrad: $47.5^\circ, 48.5^\circ, \dots, 63.5^\circ, 64.5^\circ$ N

Längengrad: $-14.5^\circ, -13.5^\circ, \dots, 13.5^\circ, 14.5^\circ$ E

Für jede Box und jeden Monat wurde die Anzahl der ausgewerteten Messwerte, deren Standardabweichung und die Anzahl der einfließenden Boxen bestimmt.

Zur Eliminierung des Tagesgangs wurden zuerst die Mittelwerte zu den Hauptterminen um 0, 6, 12 und 18 UTC bestimmt. Dafür wurden für jeden Haupttermin alle Messwerte für jeden Monat und jede Box inklusive der 8 Umgebungsboxen über den gesamten Zeitraum 1950-2010 arithmetisch gemittelt. Hieraus wurde monatsweise für jeden Termin und jede Box ein Korrektursummand als Abweichung vom Tagesmittel berechnet (Abb. 3). Alle Messwerte einer Box wurden dann mit den so bestimmten Korrektursummanden korrigiert.

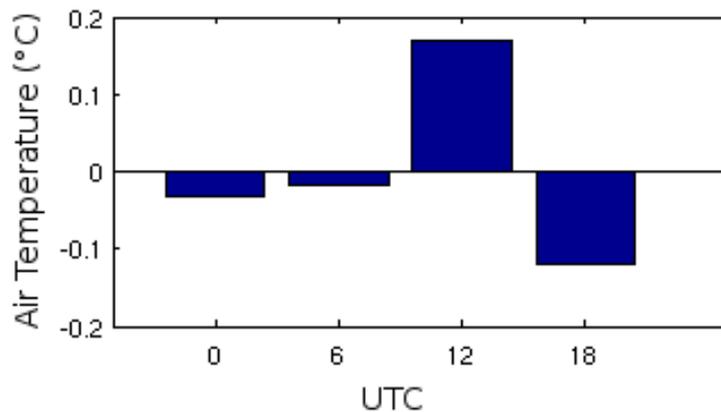


Abb. 3: Korrektursummand: Abweichung um 0, 6, 12, 18 Uhr (UTC) vom Tagesmittel, hier am Beispiel der Lufttemperatur einer Box (56,5° N, 4,5° E) für Dezember, Referenzperiode 1950-2010.

Um einen eventuell vorhandenen Jahresgang aus den monatlichen Werten zu eliminieren, wurde zunächst geprüft, ob der betreffende Parameter einen Jahresgang aufweist. Dafür wurde der mittlere Jahresgang aus allen Tagesmitteln der betrachteten Box und deren 8 Umgebungsboxen über den Zeitraum 1950-2010 als arithmetisches Mittel bestimmt. Beispielhaft sei dies für die Lufttemperatur veranschaulicht (Abb. 4).

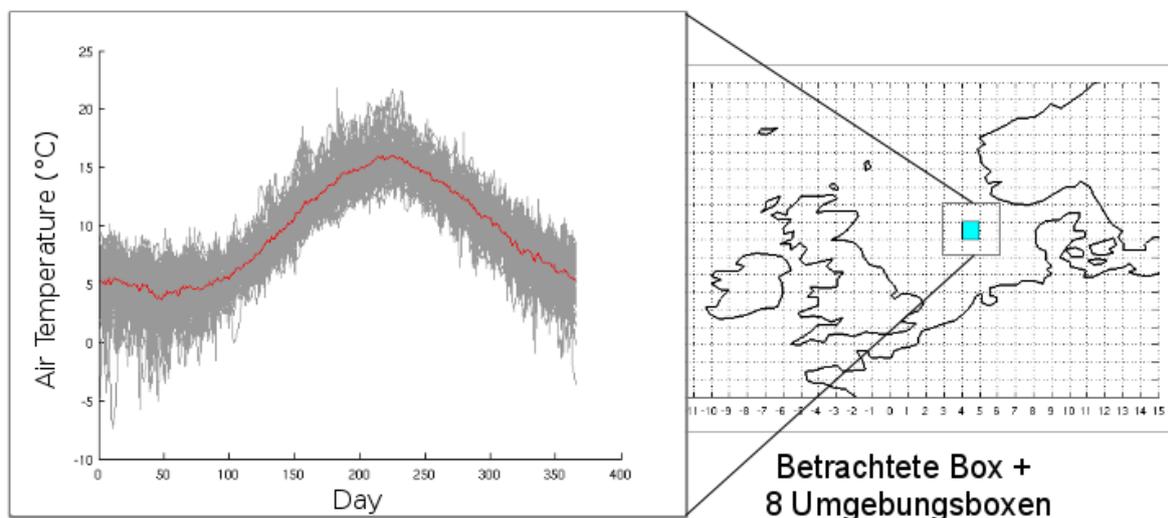


Abb. 4: Der mittlere Jahresgang der Lufttemperatur in °C (rote Kurve) wurde aus der betrachteten Box plus der 8 Umgebungsboxen über den Zeitraum 1950-2010 ermittelt. Grau dargestellt sind die Einzelwerte.

Die Kurve des Jahresgangs wurde danach in die einzelnen 12 Monate unterteilt und pro Monat durch ein Polynom 2. Grades angenähert, da der Jahresgang der Lufttemperatur in erster Näherung einer Sinusfunktion folgt. Dabei wurden jeweils zum Monatsanfang und -ende die fünf benachbarten Tage aus dem Vor- bzw. dem Folgemonat in die Berechnung einbezogen, um scharfe Brüche zwischen den Monaten zu vermeiden. Für jede Box und jeden Tag wurden nun wiederum monatsweise Korrektursummanden als Abweichung des Fits vom Monatsmittel basierend auf dem Gesamtzeitraum 1950-2010 berechnet (siehe Abb. 5). Alle

Messwerte einer Box wurden dann mit den zugehörigen Korrektursummanden korrigiert. Dadurch wurden Variationen auf der Monatszeitskala aus den Daten entfernt, der Jahrgang blieb jedoch in den 12 Monatswerten erhalten.

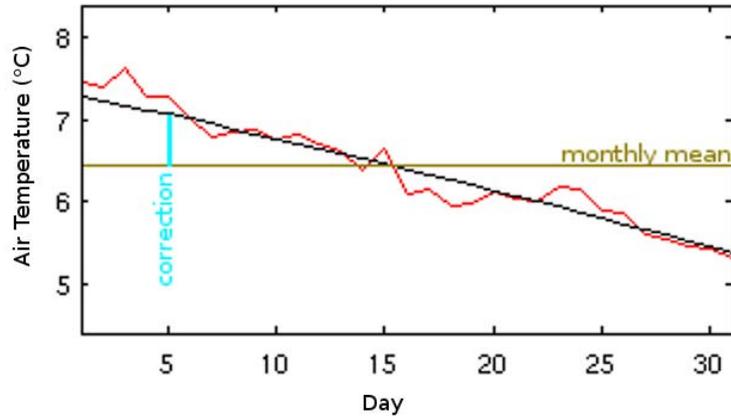


Abb. 5: Korrektursummand (türkis) als Abweichung des Fits (schwarz) vom Monatsmittel des Gesamtzeitraums 1950-2010 für den Monat Dezember (ockergelb), hier am Beispiel der Lufttemperatur einer Box des 5. Dezembers. Die rote Kurve zeigt die Tagesmittelwerte.

Die Arbeitsschritte zur Monatsmittelwertbildung sind in Abb. 6 am Beispiel Dezember dargestellt. Aus den gewonnenen Monatsmitteln wurden 30-jährige und jährliche Mittelwerte berechnet. Für jeden Monat wurden Klimatologien für die Standard-Zeiträume 1951-1980, 1961-1990, 1971-2000 und 1981-2010 bestimmt. Als Voraussetzung zur Berechnung von 30-jährigen Monatsmitteln mussten in der Box mindestens 25 von 30 Monatsmittelwerten vorhanden sein. Als Voraussetzung zur Bestimmung der jährlichen Mittel einer Box mussten alle 12 Monate belegt sein.

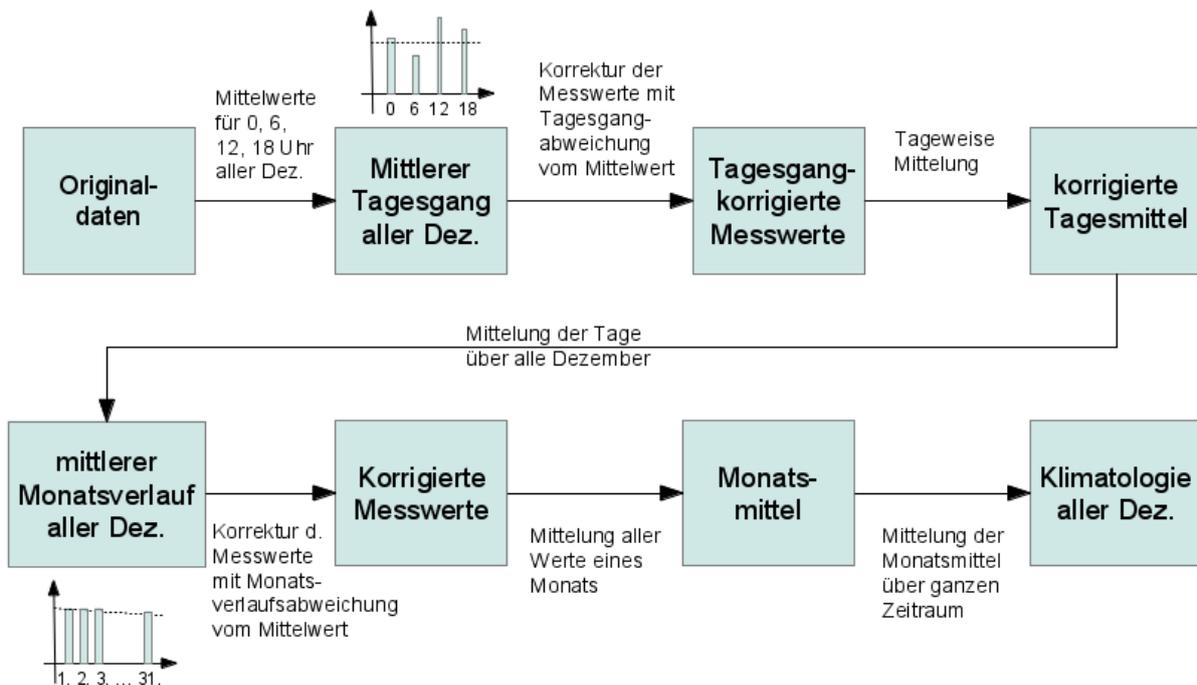


Abb. 6: Sequenzdiagramm der Monatsmittelwertbildung am Beispiel Dezember.

2.4 Monatliche und jährliche Mittelwerte

Basis zur Bildung der monatlichen und jährlichen Mittelwerte waren die gemäß Kapitel 2.3 bereinigten Daten. Es folgte nun die Bestimmung der Schwellwerte der Datenanzahl in den Boxen, bei dessen Unterschreitung die Werte der Nachbarboxen hinzugezogen werden müssen. Dabei wurde von einem Standardschwellwert von 20 Werten pro Monat ausgegangen, was laut Abb. 2 einer vertretbaren Abdeckung entspricht. Die klimatologischen Ergebnisse wurden anschließend visuell auf Auffälligkeiten überprüft. Gegebenenfalls wurde der Schwellwert erhöht, um mehr Messwerte in die Mittelwertbildung einzubeziehen.

Bei Parametern ohne Jahresgang wurde der Monat in 6-Tage-Fenster aufgeteilt (1-6, 7-12, 13-18, 19-24, 25-Ende des Monats). Außerdem mussten vier der 6-Tage-Fenster mindestens einen Messwert aufweisen, damit der berechnete Mittelwert übernommen wurde.

2.4.1 Lufttemperatur

Da die Lufttemperatur über der Nordsee im Mittel einen Tagesgang und einen ausgeprägten Jahresgang aufweist, wurden alle ca. 7 Millionen Messwerte mit der in Kap. 2.3. dargestellten Methode korrigiert. Sofern weniger als 20 Messwerte pro Box und Monat vorhanden waren, wurden die Umgebungsboxen in zwei Schritten (erst 8, dann ggf. weitere 16 Boxen) mit in die Berechnung eingeschlossen. Beispielfhaft zeigt Abb. 7 die Monatsmittel für Dezember des Bezugszeitraums 1950-1964, Abb. 8 die der Dezember des Bezugszeitraums 1980-1994. Die 30-jährigen Mittel für Juni und Dezember (1981-2010) werden in Abb. 9 gezeigt.

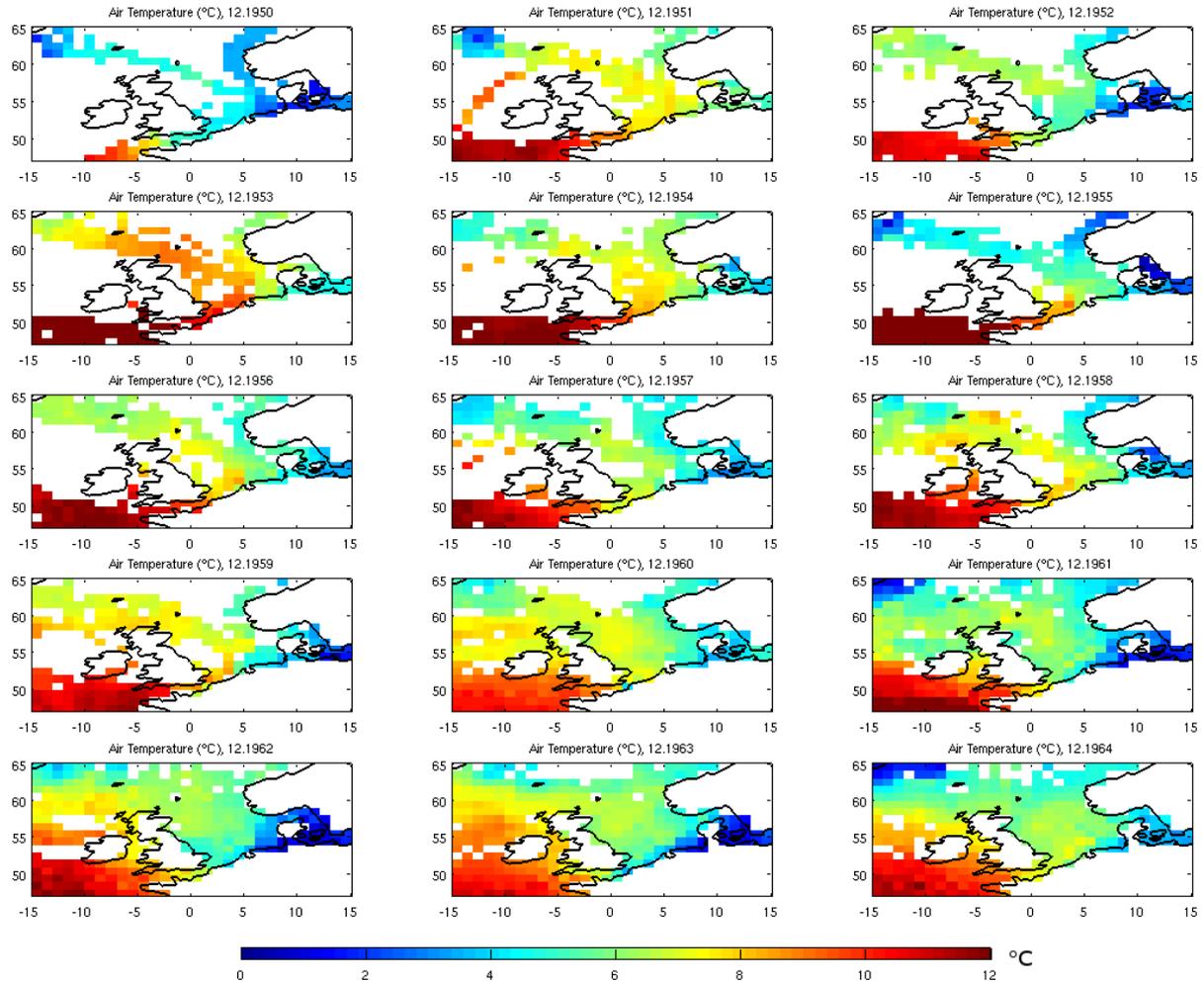


Abb. 7: Monatsmittel der Lufttemperatur in °C für Dezember im Bezugszeitraum 1950-64, in der die geringe Abdeckung in den 1950er Jahren zu erkennen ist.

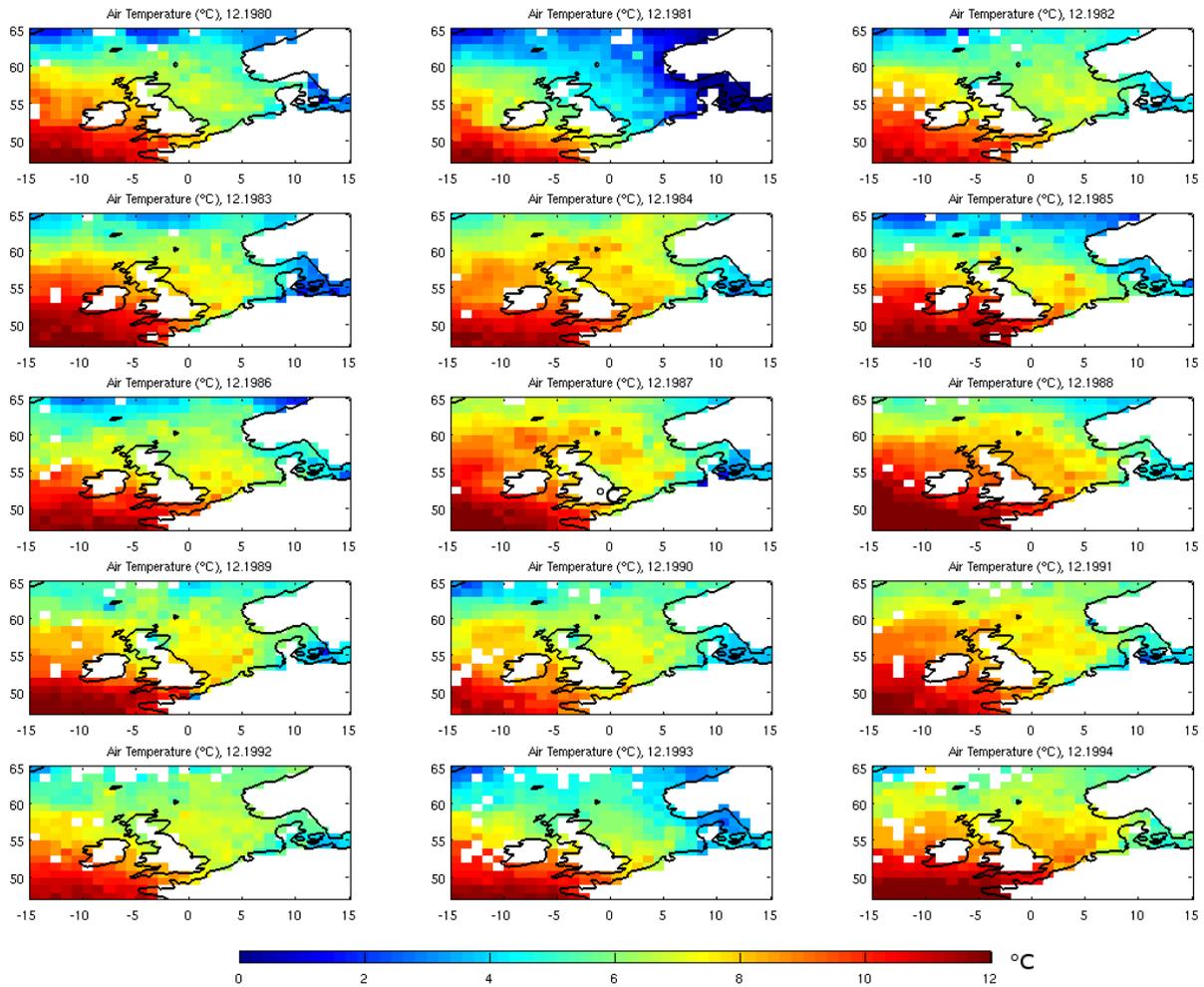


Abb. 8: Monatsmittel der Lufttemperatur in °C für Dezember im Bezugszeitraum 1980-94, der sich durch eine wesentlich bessere Abdeckung im Vergleich zu Abb. 7 auszeichnet.

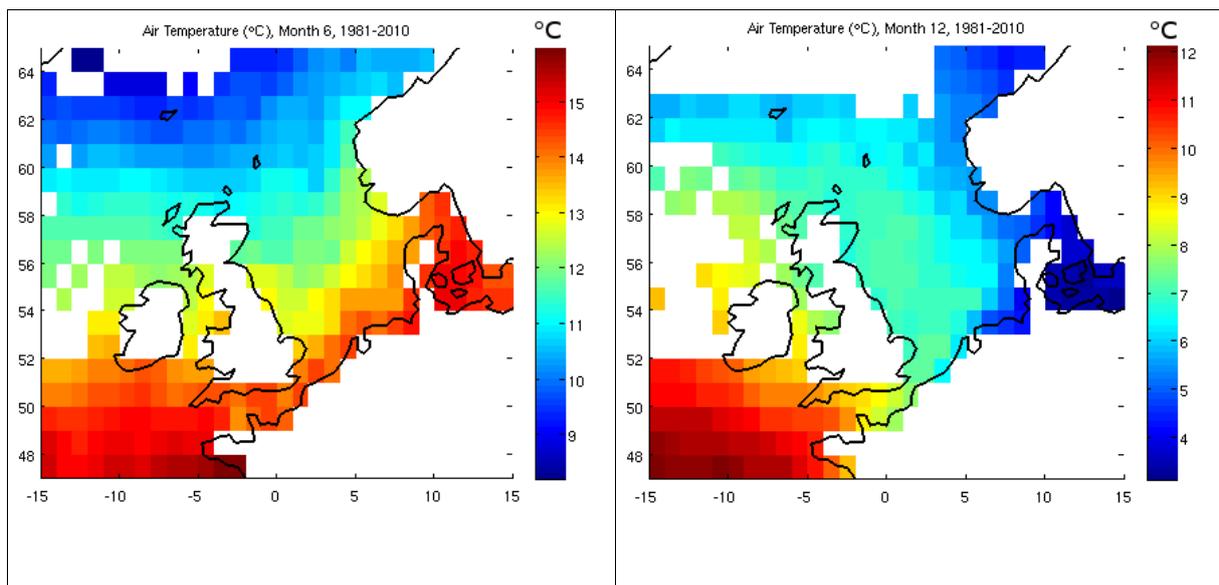


Abb. 9: 30-jährige Mittel der Lufttemperatur in °C der Monate Juni (links) und Dezember (rechts) für den Bezugszeitraum 1981-2010.

Zur Überprüfung wurden die gewonnenen Endergebnisse der KLIWAS-Nordseeklimatologie mit der Klimatologie der Nordsee von Michaelsen (1998) verglichen; es zeigten sich dabei nur geringe Abweichungen. Vergleiche der Monatsmittel mit den Reanalysedatensätzen NCEP Reanalyse 1 (Kalnay et al., 1996) und 2 (Kanamitsu et al., 2002), ERA Interim (Berrisford et al., 2009) und ERA-40 (Uppala et al., 2005) sowie 20th Century V2 (Compo et al., 2011) ergaben ebenfalls gute Übereinstimmung mit einem Korrelationskoeffizienten größer oder gleich 0.97 (Tab. 2). Allerdings ergaben sich auch Unterschiede, die einen Mehrwert an Information in dieser neuen Klimatologie repräsentieren könnten.

Insgesamt wurden alle Monatsmittel über den jeweils gemeinsamen Zeitraum verglichen und als Scatterplot visualisiert: NCEP1 1950-2010, NCEP2 1979-2010, ERA Interim 1979-2010, ERA-40 1957-2002 und 20th Century 1950-2010. Die angegebenen Korrelationskoeffizienten sind signifikant (Signifikanzniveau > 99 %). Abb.10 zeigt beispielhaft den Vergleich mit der NCEP Reanalyse 1.

Datenquelle→ Parameter ↓	NCEP-RA1	NCEP-RA2	ERAint	ERA40	20th Century V2
Luftdruck	0.98	0.98	0.98	0.98	0.97
Lufttemperatur	0.98	0.98	0.99	0.99	0.98
Rel. Luftfeuchte	0.66	---	---	---	0.36
Windgeschwindigkeit	0.89	0.90	0.90	0.92	0.86
Taupunkt	---	---	0.98	0.98	---

Tabelle 2: Korrelationen zwischen atmosphärischen Parametern der KLIWAS-Nordseeklimatologie (KNSC) und verschiedenen atmosphärischen Reanalysedatensätze.

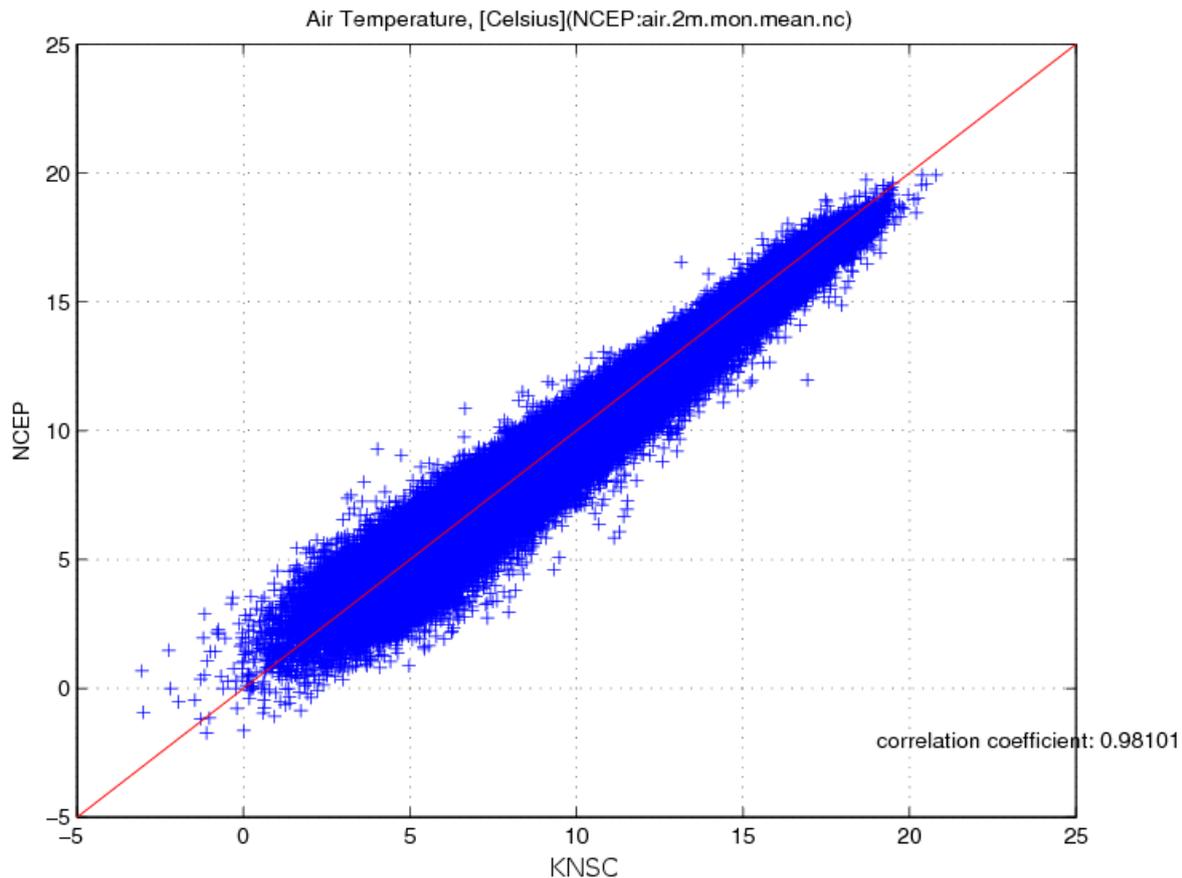


Abb. 10: Scatterplot des Vergleichs der Lufttemperaturmonatsmittel in °C der KLIWAS-Nordseeklimatologie mit der NCEP Reanalyse 1 über den Zeitraum 1950-2010.

2.4.2 Luftdruck

Die ca. 7 Millionen Messwerte wurden keiner Korrektur von Jahres- oder Tagesgang unterzogen. Der zu Beginn der Analysen angesetzte Schwellwert von 20 Messwerten pro Box und Monat erwies sich als unzureichend, weshalb er nach manueller Iteration auf 500 Messwerte erhöht wurde. Im Falle zu geringer Datenbelegung wurden Daten der Umgebungsboxen in zwei Schritten (siehe Lufttemperatur) mit eingeschlossen. Durch den hohen Schwellwert mussten zumeist beide Schritte zur Mittelwertbildung vollzogen werden. Wie für Parameter ohne regulären Jahresgang in Kap. 2.4 festgelegt, wurden nur dann Boxmittel gebildet, wenn mindestens ein Messwert in vier der 6-Tage-Fenster je Monat und Box vorhanden war. Beispielhaft sieht man in Abb. 11 die 30-jährigen Mittel für Juni (links) und Dezember (rechts) für den Bezugszeitraum 1981-2010.

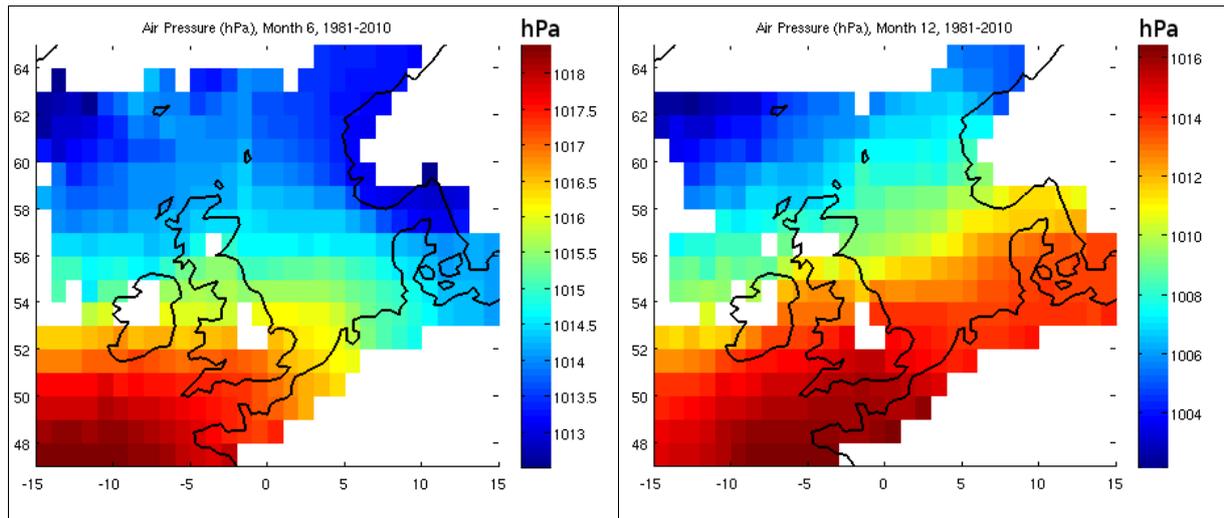


Abb. 11: 30-jährige Mittel des Luftdrucks in hPa der KLIWAS-Nordseeklimatologie der Monate Juni (links) und Dezember (rechts), Bezugszeitraum 1981-2010.

Auch hier zeigten Vergleiche der Monatsmittel mit der Klimatologie von Michaelsen (1998) eine gute Übereinstimmung. Der Vergleich mit den Reanalysedatensätzen ergab Korrelationskoeffizienten größer oder gleich 0.98 (Tab. 2). Abb. 12 zeigt den Vergleich mit der NCEP Reanalyse 1 als Scatterplot.

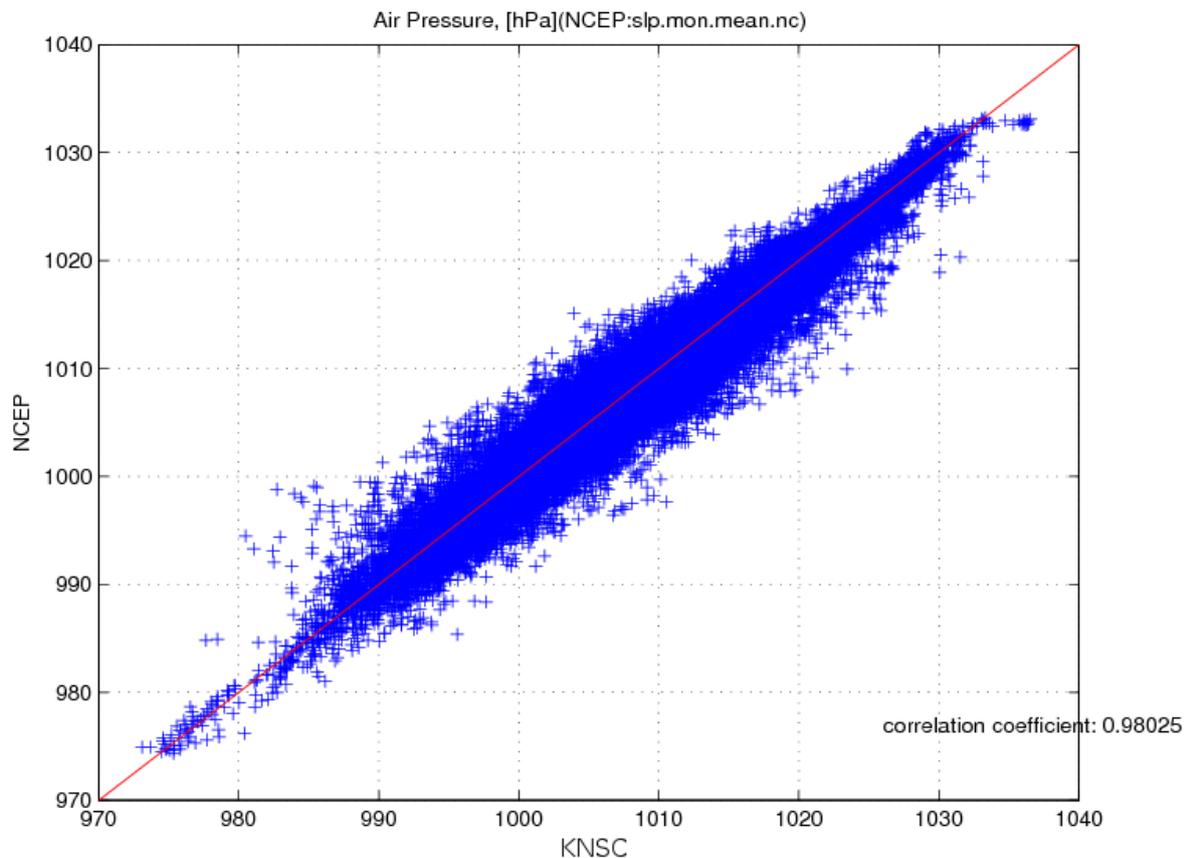


Abb. 12: Scatterplot des Vergleichs der Luftdruckmonatsmittel in hPa der KLIWAS-Nordseeklimatologie mit NCEP Reanalyse 1 für den Zeitraum 1950-2010

2.4.3 Taupunkt

Eine erste Auswertung der Daten ergab, dass der Taupunkt keinen einheitlichen Tagesgang aufweist, wohl aber einen Jahrgang. In den ca. 4,6 Millionen Messwerten wurde daher der Monatsverlauf gemäß Kap. 2.3 korrigiert. Sofern weniger als 20 Messwerte vorlagen, wurden in 2 Schritten weitere Umgebungsboxen einbezogen. Beispielfhaft sieht man in Abb. 13 die 30-jährigen Mittel für Juni und Dezember für den Bezugszeitraum 1981-2010.

Die KLIWAS Nordseeklimatologie für ozeanographische und meteorologische In-Situ Daten

BSH
DWD
UHH-CEN

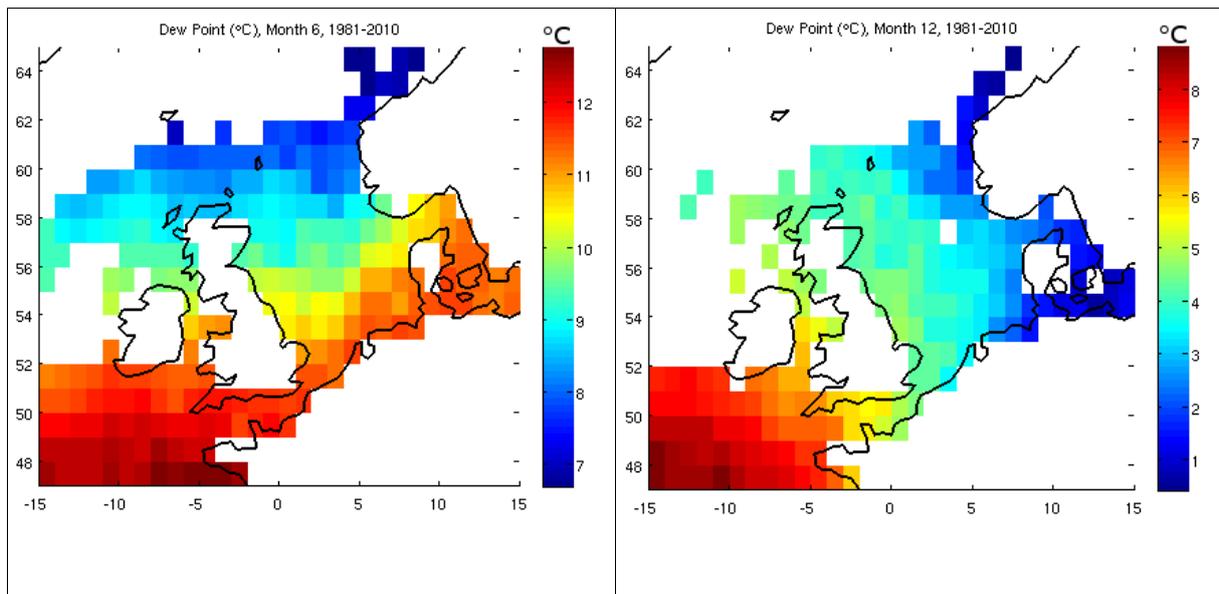


Abb. 13: 30-jährige Mittel des Taupunkts in °C der KLIWAS-Nordseeklimatologie der Monate Juni (links) und Dezember (rechts), Bezugszeitraum 1981-2010.

Auch hier zeigten Vergleiche der Monatsmittel mit der Klimatologie von Michaelsen (1998) gute Übereinstimmung. Vergleiche mit Reanalysedatensätzen ergaben Korrelationskoeffizienten größer oder gleich 0.98 (Tab. 2). Abb. 14 zeigt den Vergleich mit ERA-40 als Scatterplot, da der Taupunkt in der bisher gezeigten NCEP-Reanalyse 1 nicht enthalten ist.

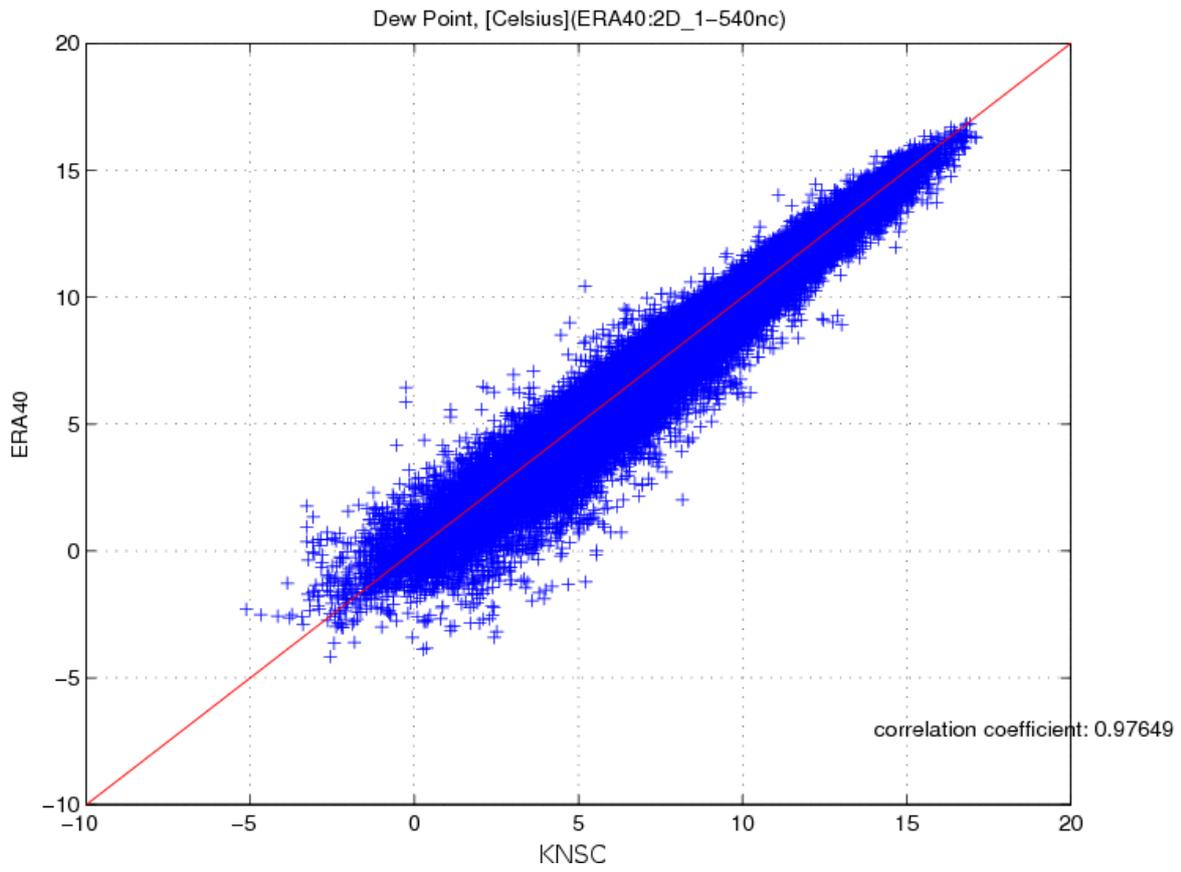


Abb. 14: Scatterplot des Vergleichs der Taupunktmonatsmittel in °C der KLIWAS-Nordseeklimatologie mit ERA-40 für den Zeitraum 1957-2002.

2.4.4 Relative Feuchte

Die ca. 4.6 Millionen Messwerte wurden nicht mittels Jahres- oder Tagesgang korrigiert. Es wurden stets die Daten aller 8 Nachbarboxen zur Mittelwertberechnung einbezogen. Sofern weniger als 20 Messwerte pro Box und Monat vorhanden waren, wurden die Daten der umliegenden 16 Boxen hinzugezogen. Zusätzlich wurde mindestens ein Messwert in vier der 6-Tage-Fenster pro Box und Monat gefordert. Beispielhaft sieht man in Abb. 15 die 30-jährigen Mittel für Juni und Dezember des Bezugszeitraums 1981-2010.

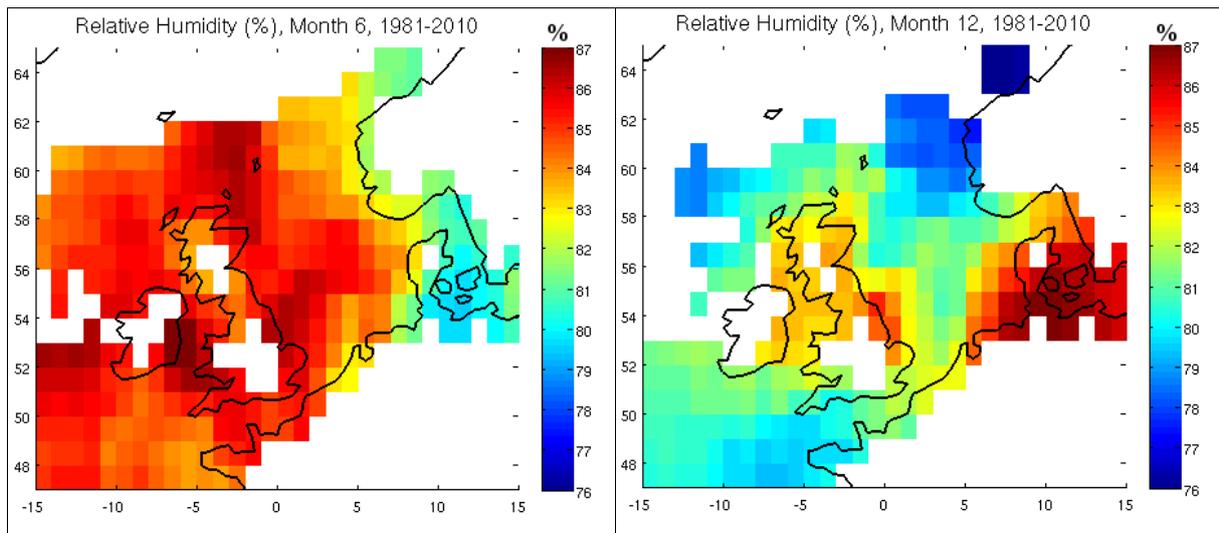


Abb. 15: 30-jährige Mittel der Relativen Feuchte in Prozent der KLIWAS-Nordseeklimatologie der Monate Juni (links) und Dezember (rechts), Bezugszeitraum 1981-2010.

Vergleiche mit Reanalyse-Datensätzen ergaben größere Abweichungen (Korrelationskoeffizient 0.66 bei NCEP 1; 0.36 bei 20th Century, siehe Tab. 2), weshalb dieser Parameter bisher noch nicht in dieser Klimatologie dargestellt ist. Die Ursachen dieser Abweichungen werden zzt. noch untersucht, so dass die Relative Feuchte ggf. in der nächsten Version der Nordseeklimatologie mit aufgenommen wird. Abweichungen können jedoch durchaus auch auf Unsicherheiten in der NCEP Reanalyse hindeuten, in der die Feuchte bekanntermaßen unsicher ist. In diesem Sinne kann daher die hier vorgestellte Klimatologie verbesserte kleinräumige Information enthalten. Abb. 16 zeigt den Vergleich mit der NCEP Reanalyse 1 als Scatterplot.

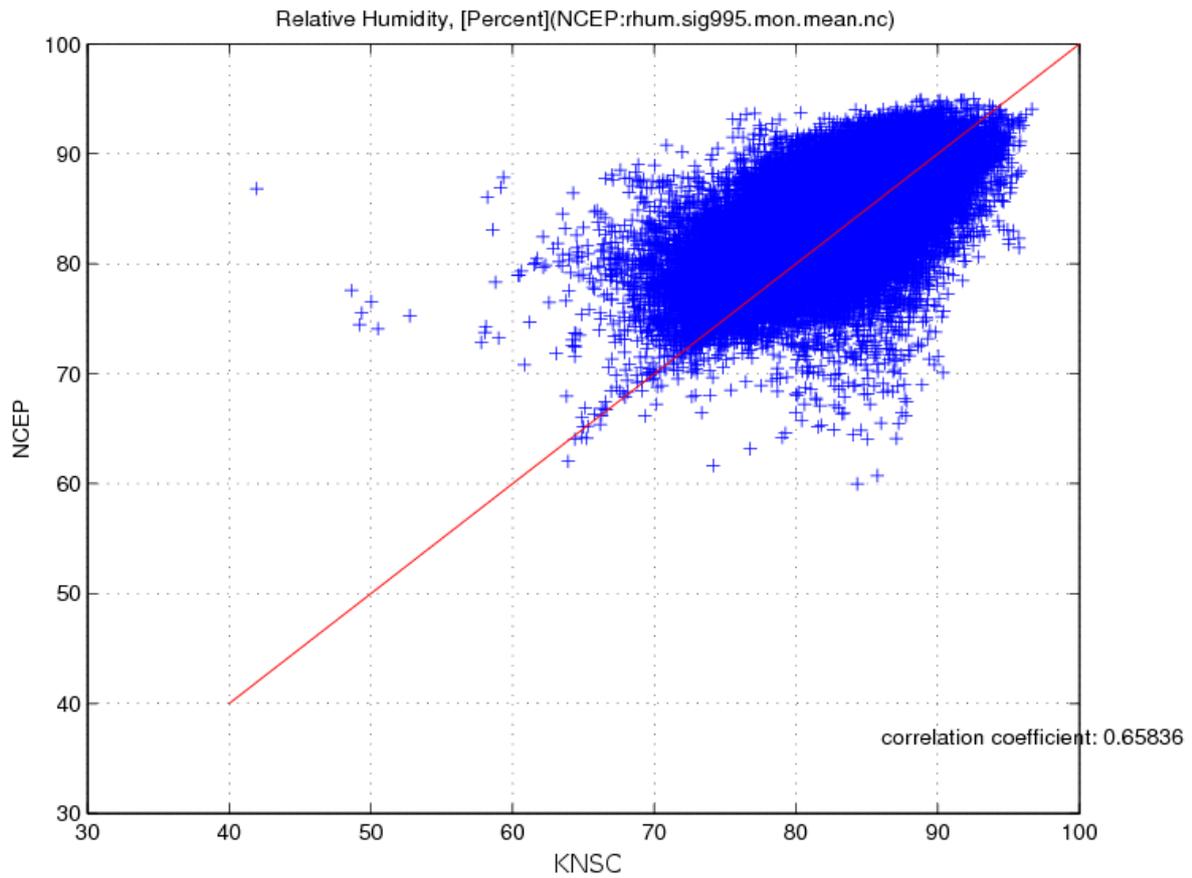


Abb. 16: Scatterplot des Vergleichs der Relative-Feuchte-Monatsmittel in Prozent der KLIWAS-Nordseeklimatologie mit der NCEP Reanalyse 1.

2.4.5 Windgeschwindigkeit

Die Windgeschwindigkeit über der Nordsee weist keinen einheitlichen Tagesgang, aber einen Jahresgang auf. Der Monatsverlauf wurde deshalb gemäß Kap. 2.3 aus den ca. 7.4 Millionen Messwerte eliminiert und, sofern in den Boxen weniger als 20 Daten pro Monat vorhanden waren, in zwei Schritten die Daten der Umgebungsboxen eingeschlossen. Die Windgeschwindigkeit wurde keiner Höhenkorrektur unterzogen. Beispielhaft sieht man in Abb. 17 die 30-jährigen Mittel für Juni und Dezember des Bezugszeitraums 1981-2010.

Die KLIWAS Nordseeklimatologie für ozeanographische und meteorologische In-Situ Daten

BSH
DWD
UHH-CEN

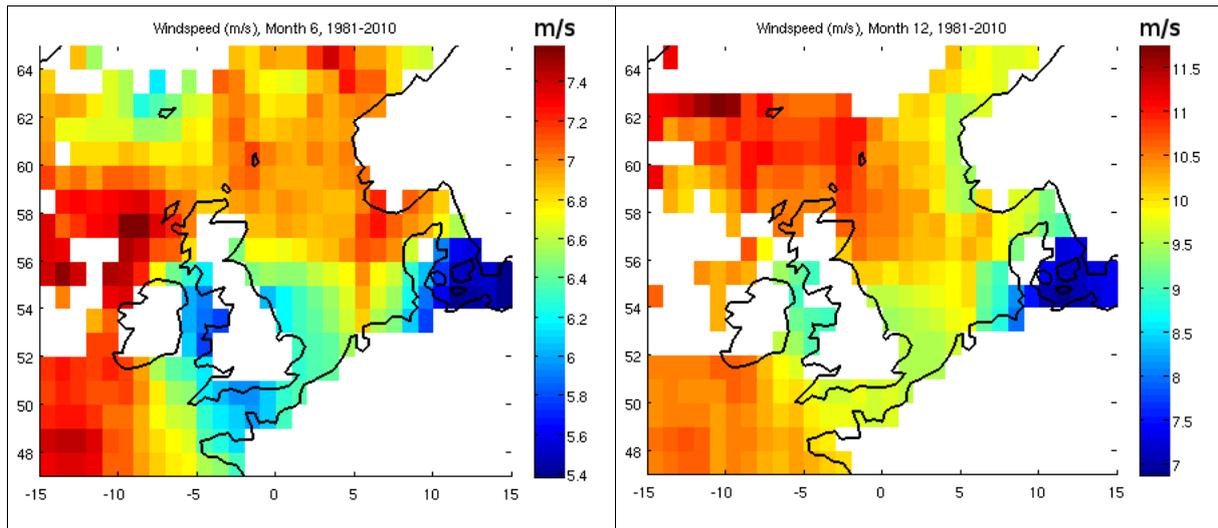


Abb. 17: 30-jährige Mittel der Windgeschwindigkeit in m/s der KLIWAS-Nordseeklimatologie der Monate Juni (links) und Dezember (rechts) 1981-2010.

Vergleiche mit Reanalysen ergaben auch hier größere Abweichungen (siehe Tab. 2). Allerdings sind die Unsicherheiten beim Messen des Windes über See von so vielen Schwierigkeiten begleitet, dass eine einfache Fehlerabschätzung der Messwerte und entsprechende Korrekturen praktisch kaum möglich sind. So ist der Einfluss der Schiffsaufbauten auf das Windfeld zu berücksichtigen, der wiederum von der Anströmrichtung des Windes zum Messzeitpunkt abhängt. Ferner müsste ggf. eine Reduktion der Windgeschwindigkeit auf eine einheitliche Messhöhe von 10 m über See erfolgen. Das wiederum erfordert bei größeren Containerschiffen die Kenntnis des aktuellen Beladungszustands. Eine weitere Problematik liegt in der Tatsache, dass der Wind früher aus Wellenbeobachtungen abgeleitet wurde, wohingegen er heute direkt gemessen wird. Hinzu kommt aber auch bei diesem Parameter, dass Reanalysen in der Regel nur groß-skalige Phänomene auflösen, es sich bei den Schiffsmessungen aber um lokale Punkt-Messungen (in Raum und Zeit) handelt. Somit kann dieser Parameter nicht ohne zusätzliche Qualitätstests (möglicherweise kombiniert mit aufwändigen Auswerteverfahren) in das Klimatologieprodukt aufgenommen werden. Es ist daher möglich, dass die hier vorgestellte Klimatologie verbesserte klein-räumige Information ergibt. Abb. 18 zeigt den Vergleich mit der NCEP Reanalyse 1 als Scatterplot.

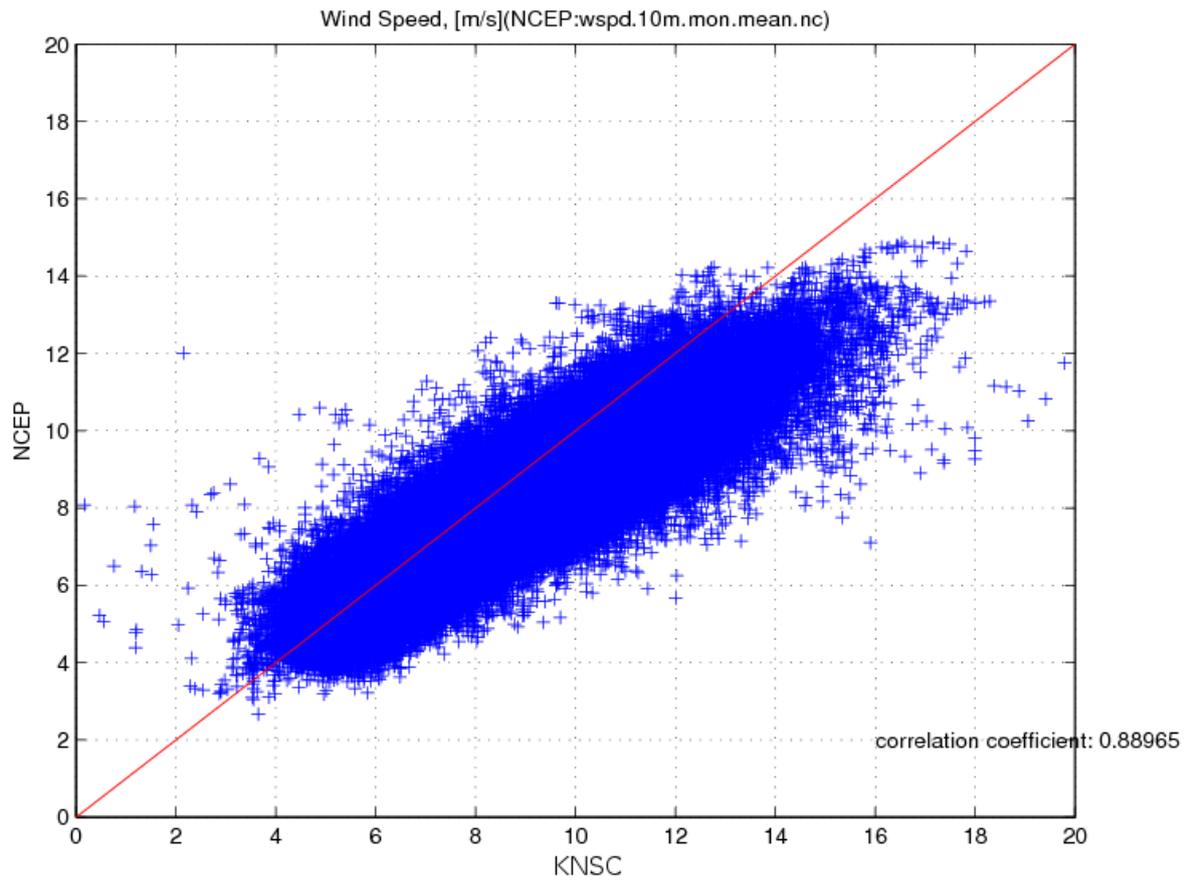


Abb. 18: Scatterplot des Vergleichs der Windgeschwindigkeitsmonatsmittel in m/s der KLIWAS-Nordseeklimatologie in m/s mit der NCEP Reanalyse 1 (10m Windgeschwindigkeit) für den Zeitraum 1950-2010.

2.5 Implementierung

Die Anwendung für den atmosphärischen Teil der Klimatologie wurde unter Linux mit Matlab R2012a (7.14.0) realisiert. Es wurde eine grafische Nutzeroberfläche (GUI) in Matlab zur komfortablen Berechnung der Mittelwerte erstellt.

Die Vorbereitung der Daten erfolgte mittels FORTRAN-Programmen. Eine Liste aller verwendeten Programme und deren Funktionalität ist im Anhang B gegeben. Aus den berechneten Mittelwerten wurden netCDF-Dateien erzeugt, deren Dateinamen folgendermaßen aufgebaut sind:

Project_Parameter__Producer__Version__spatialresolution__temporalcoverage.nc

Zum Beispiel heißt die netCDF-Datei der Taupunkt-Monatsmittel für Dezember 2010:

KNSC_Dew_Point__UHAM_ICDC__v1__1deg__201012.nc

Die netCDF-Dateien enthalten pro Parameter zusätzlich zu den berechneten Mittelwerten die Standardabweichung (standard deviation) sowie die Anzahl der verwendeten Messwerte und die Anzahl der Umgebungsboxen, die in die Mittelwertbildung einfließen. Tabelle 3 zeigt die genutzten Parameternamen und Einheiten der Variablen in den netCDF-Dateien.

Name	Einheit
airtemp (air temperature)	°C
airtemp_stddev (standard deviation)	°C
airtemp_noobs (number of observations)	-
airtemp_boxcount (number of boxes)	-
airpressure (air pressure)	hPa
airpressure_stddev (standard deviation)	hPa
airpressure_noobs (number of observations)	-
airpressure_boxcount (number of boxes)	-
dewpoint (dew point)	°C
dewpoint_stddev (standard deviation)	°C
dewpoint_noobs (number of observations)	-
dewpoint_boxcount (number of boxes)	-

Tabelle. 3: Parameternamen und Einheiten der Variablen der netCDF-Dateien

2.6 Referenzen

- Berrisford P, Dee D, Fielding K, Fuentes M, Kållberg P, Kobayashi S, Uppala S. 2009. The ERA-Interim archive. ECMWF, ERA Report Series 1, pp 16
- Compo, G. P., Whitaker, J. S., Sardeshmukh, P. D., Matsui, N., Allan, R. J., Yin, X., Gleason, B. E., Vose, R. S., Rutledge, G., Bessemoulin, P., Brönnimann, S., Brunet, M., Crouthamel, R. I., Grant, A. N., Groisman, P. Y., Jones, P. D., Kruk, M. C., Kruger, A. C., Marshall, G. J., Mauerer, M., Mok, H. Y., Nordli, Ø., Ross, T. F., Trigo, R. M., Wang, X. L., Woodruff, S. D. and Worley, S. J. (2011), The Twentieth Century Reanalysis Project. Q.J.R. Meteorol. Soc., 137: 1--28. doi: 10.1002/qj.776
- Gandlin, L. S. (1987): Complex quality control of meteorological observations, Monthly Weather Review, 116, 1137–1156
- Höflich, O., H.-H. Meissner, L. Hoffmann (1975): Beschreibung eines EDV Programms zur Überprüfung maritim-meteorologischer Beobachtungen von Handelsschiffen, Deutscher Wetterdienst, Seewetteramt, Einzelveröffentlichungen Sonderheft 2
- Ishii, M., M. Kimoto, M. Kachi (2003): Historical ocean subsurface temperature analysis with error estimates, Monthly Weather Review, 131, 51–73
- Kalnay, E., and Coauthors, 1996: The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. /Bull. Amer. Meteor. Soc. 77, 437-471, doi: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0477\(1996\)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0477(1996)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2)
- Kanamitsu, Masao, Wesley Ebisuzaki, Jack Woollen, Shi-Keng Yang, J. J. Hnilo, M. Fiorino, G. L. Potter, 2002: NCEP--DOE AMIP-II Reanalysis (R-2). /Bull. Amer. Meteor. Soc., 83, 1631-1643, doi: <http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-83-11-1631>
- Michaelsen, K (1998): Climate of the North Sea, Verlag: Deutscher Wetterdienst, ISBN : 978-3-88148-370-4
- Uppala, S. M., Kållberg, P. W., Simmons, A. J., Andrae, et al., (2005), The ERA-40 reanalysis. Q.J.R. Meteorol. Soc., 131: 2961--3012. doi: 10.1256/qj.04.176
- Worley, S. J., Woodruff, S. D., Reynolds, R. W., Lubker, S. J. and Lott, N. (2005), ICOADS release 2.1 data and products. Int. J. Climatol., 25: 823--842. doi: 10.1002/joc.1166

3 Bearbeitung der hydrographischen Datensätze

Die KLIWAS Nordseeklimatologie für ozeanographische und meteorologische In-Situ Daten

3.1 Download, Umformatierung und Auswahl der Daten

Für die Region 47 °N bis 65 °N, 15 °W bis 15 °E wurden CTD-, Wasserschöpfer- (BTL), und Drifter-Datensätze (PFL) für Tiefe, Druck, Temperatur und Salzgehalt aus dem National Oceanographic Data Center (NODC, U.S.A.), der ICES-Datenbank (International Council for the Exploration of the Sea, Denmark) und dem Deutschen Ozeanographischen Datenzentrum (DOD) heruntergeladen und in ein einheitliches Datenformat umformatiert. Erfasst wurden die Datensätze bis zum Oktober 2011. Der größte Anteil der Daten entstammt der World Ocean Database 2009 (WOD09; Boyer et al., 2009) des NODC.

BSH
DWD
UHH-CEN

Die Stationen aller Datensätze wurden anhand des Datums (gleicher Tag) und des Abstands voneinander (Abstand Breite und Länge $<0.05^\circ$) auf Doppelungen geprüft. Doppelte Stationen wurden eliminiert. Die zeitliche Verteilung der resultierenden Messungen zeigt Abbildung 19.

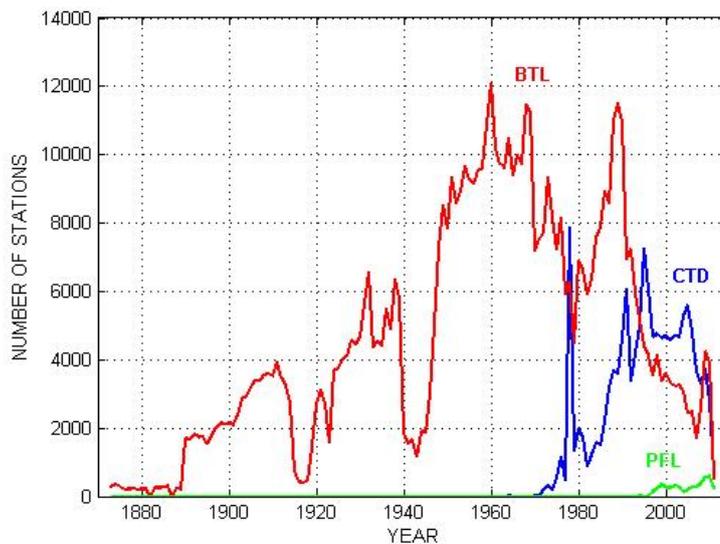


Abb. 19: Jährliche Anzahl der CTD-, BTL- und PFL-Stationen/Profile mit Temperatur- und/oder Salzgehaltsdaten

Die Temperatur- und Salzgehaltsprofile wurden nach Reiniger und Ross (1968) vertikal auf Tiefenstufen interpoliert, wobei größere Datenlücken beibehalten wurden, wenn der Abstand der oberhalb und unterhalb liegenden Messwerte (A) und der Abstand des zu interpolierenden Punktes zum nächstliegenden Messwert (B) zu groß waren. Tabelle 4 zeigt die empirisch gewählten, tiefenabhängigen Werte von A und B:

Z (m)	A (m)	B (m)
<10	30	3
<100	50	4
<200	75	6
<300	100	8
<500	150	10
<800	200	12
<1200	270	15
<2000	550	20
<5000	1100	30

Tabelle 4: Tabelle der empirischen Werte A und B für die Berücksichtigung von Datenlücken in den Vertikalprofilen als Funktion der Tiefe.

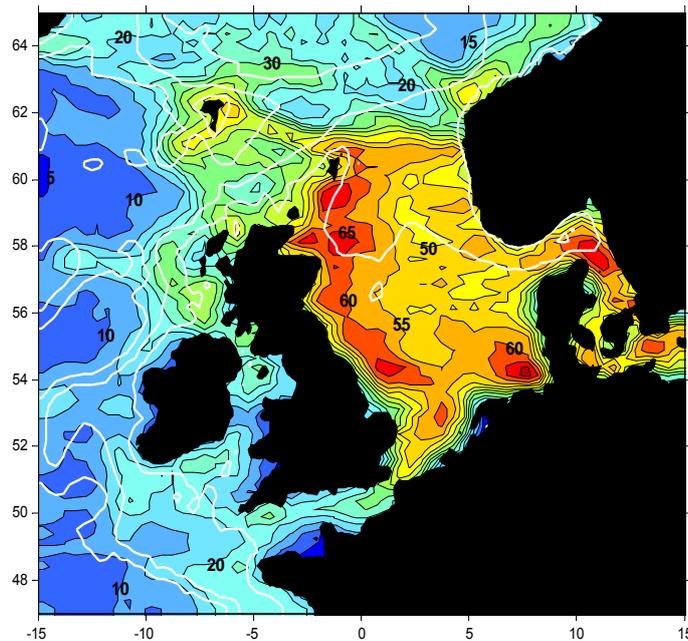
Die Daten folgender 179 Tiefenstufen wurden zur Weiterverarbeitung ausgewählt:

- 0 bis 10 m alle 2 m,
- 10 bis 200 m alle 5 m,
- 200 bis 500 m alle 10 m,
- 500 bis 1000 m alle 20 m,
- 1000 bis 5000 m alle 50 m.

Die oberflächennahen Werte in 0, 2 und 4 m wurden aufgefüllt, wenn ein Messwert in den oberen 5 m lag.

Die Ausgangsdatenbasis besteht aus 734415 Stationen/Profilen aus dem Zeitraum 1890 bis 2011 mit insgesamt 13.3 Mio. Temperatur- und 12.8 Mio. Salzgehaltsdaten. 62% der Stationen entstammen dem WOD09, 9% dem ICES und 29% dem DOD.

Für die Klimatologie wurden die Stationen für jede Tiefenstufe in geographische Boxen mit 0.25° Breite und 0.5° Länge sortiert. Abbildung 20 zeigt die raum-zeitliche Abdeckung der Boxen mit Stationen (Messdaten).



Die KLIWAS Nordseeklimatologie für ozeanographische und meteorologische In-Situ Daten

BSH
DWD
UHH-CEN

Abb. 20: Zeitliche Abdeckung der Region durch Boxen mit Stationen (Jahre mit Messungen im Zeitraum 1900-2010 in Prozent). Die weißen Linien geben die Wassertiefen von 100, 500 und 2000 m wieder.

Im Mittel über den gesamten Zeitraum liegen pro besetzter Box 235 Messungen an der Meeresoberfläche, 77 Messungen in 100 m Tiefe, 40 Messungen in 500 m, 24 Messungen in 1000 m, 8 Messungen in 2000 m und 5 Messungen in 4000 m vor.

3.2 Qualitätskontrolle

Die Ausgangsdaten enthalten eine erhebliche Anzahl von Fehlmessungen, die bei der Mittelung zu fehlerhaften monatlichen und jährlichen Werten in vielen Boxen führen würden. Eine Qualitätskontrolle und Markierung der fehlerhaften Ausgangsdaten ist daher unerlässlich. Die Temperatur- und Salzgehaltsdaten jeder Box eines Tiefenniveaus wurden anhand diverser Qualitätskriterien beurteilt. Gute Daten behielten die Ausgangsmarkierung Flag=0 bei. In den aufeinander folgenden Schritten wurden nur die Daten mit Flag=0 der weiteren Kontrolle unterzogen.

Als schlecht markiert wurden Daten:

aller Stationen im Inland

- unterhalb der maximalen Wassertiefe (basierend auf ETOPO2) in einer Box
- außerhalb eines zulässigen Wertebereichs jeweils für den Ostsee- und Nordseeraum. Für das Gebiet 47°-60° N, 7°-15° E liegen diese Beschränkungen für die Temperatur außerhalb des Wertebereichs [-2,30] und für den Salzgehalt für den Wertebereich außerhalb [5,36]. Für das restlich Gebiet lagen die Schranken bei [-2,30] für die Temperatur und [20,38] für den Salzgehalt
- außerhalb eines vorgegebenen Bereichs der Standardabweichung in einer Box für das gesamte Zeitintervall, für 20-Jahre-Intervalle und für alle Monate (obere 200 m)
- außerhalb eines lokalen zulässigen Wertebereichs (obere 200 m) und
- einer gesamten Station, die mehr als 2/3 schlechte Daten aufwies.

Pro Box in einer Tiefenstufe wurde bei der Qualitätskontrolle durch eine eventuelle Einbeziehung von horizontalen Umgebungsboxen eine minimale Datenanzahl von 600 in den

oberen 200 m, 400 bis 500 m Tiefe und 300 darunter (für den gesamten Zeitraum) angestrebt, wobei die maximale Anzahl der Umgebungsboxen auf 11 x 11 begrenzt wurde. Bei der Gewichtung wurde insbesondere auf eine Berücksichtigung von räumlichen und zeitlichen Inhomogenitäten der Daten sowie des Abstands der Umgebungsboxen geachtet. Es wurden sowohl mehrere Datendurchläufe pro Standardabweichungsbereich durchgeführt als auch mit erhöhten Qualitätsanforderungen (Reduzierung des Standardabweichungsbereichs, der adäquaten Datenanzahl und der maximalen Anzahl von Umgebungsboxen). Zusätzlich wurde in den oberen 200 m bei einer einseitigen Streuung der Daten der links- und rechtsseitige Standardabweichungsbereich entsprechend gewichtet. Ziel bei allen diesen Maßnahmen war es, möglichst viele fehlerhafte und möglichst wenige korrekte Daten zu markieren.

Trotz dieser umfangreichen Qualitätskontrollen enthielt der Datensatz weiterhin fehlerhafte Messungen, die durch statistische Methoden nicht mehr zu eliminieren waren, ohne dass auch eine beträchtliche Anzahl guter Daten verloren gegangen wäre. Um die fehlerhaften Messungen zu markieren, wurde daher eine visuelle Kontrolle von Horizontal- und Vertikalverteilungen durchgeführt. Bei der Kontrolle fielen u.a. Stationen auf, deren Position fehlerhaft war, deren Temperatur- und Salzgehaltswerte gleich dem Tiefenwert waren, sowie über einen längeren Zeitraum konstante Temperatur- und Salzgehaltswerte auf einem Tiefenniveau.

Aus den verbleibenden guten Daten wurden für den gesamten Zeitraum und für alle Monate (in den oberen 200 m) für jede Box pro Tiefenstufe Mittelwert und Standardabweichung unter besonderer Beachtung der zeitlichen Inhomogenität der Daten berechnet. Auffällige Werte einzelner Boxen (Spikes) wurden durch horizontale und vertikale Umgebungswerte korrigiert. Abschließend wurden die optimierten Mittelwerte und Standardabweichungen (Abb. 21 bis 24) benutzt, um den Datensatz nochmals zu kontrollieren.

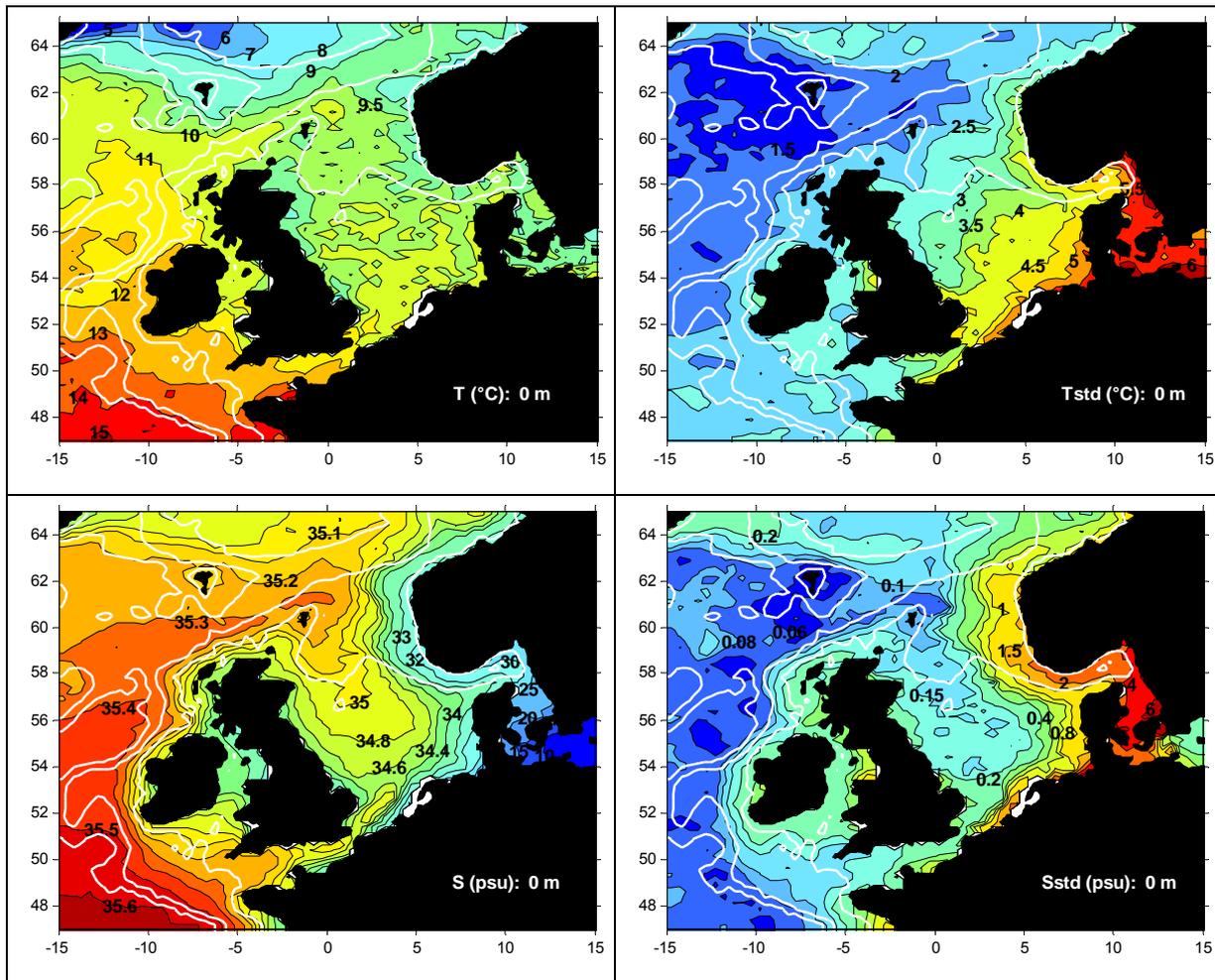


Abb. 21: Mittelwert und Standardabweichung aller guten Temperatur- und Salzgehaltsdaten an der Meeresoberfläche im Zeitraum 1890 – 2011. Die weißen Linien geben die Wassertiefen von 100, 500 und 2000 m wieder.

Die KLIWAS
Nordseeklima-
tologie für
ozeanographische
und
meteorologische
In-Situ Daten

BSH
DWD
UHH-CEN

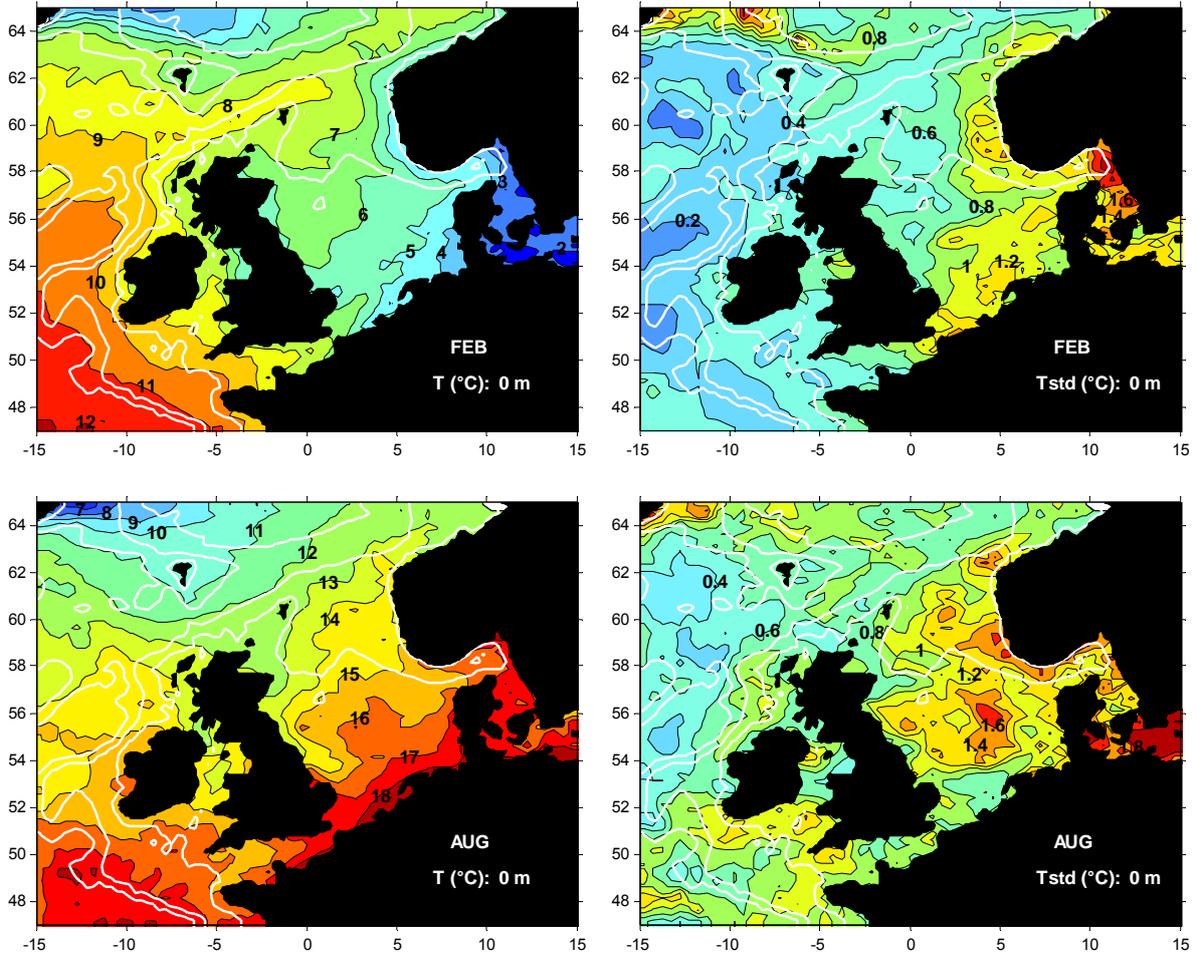
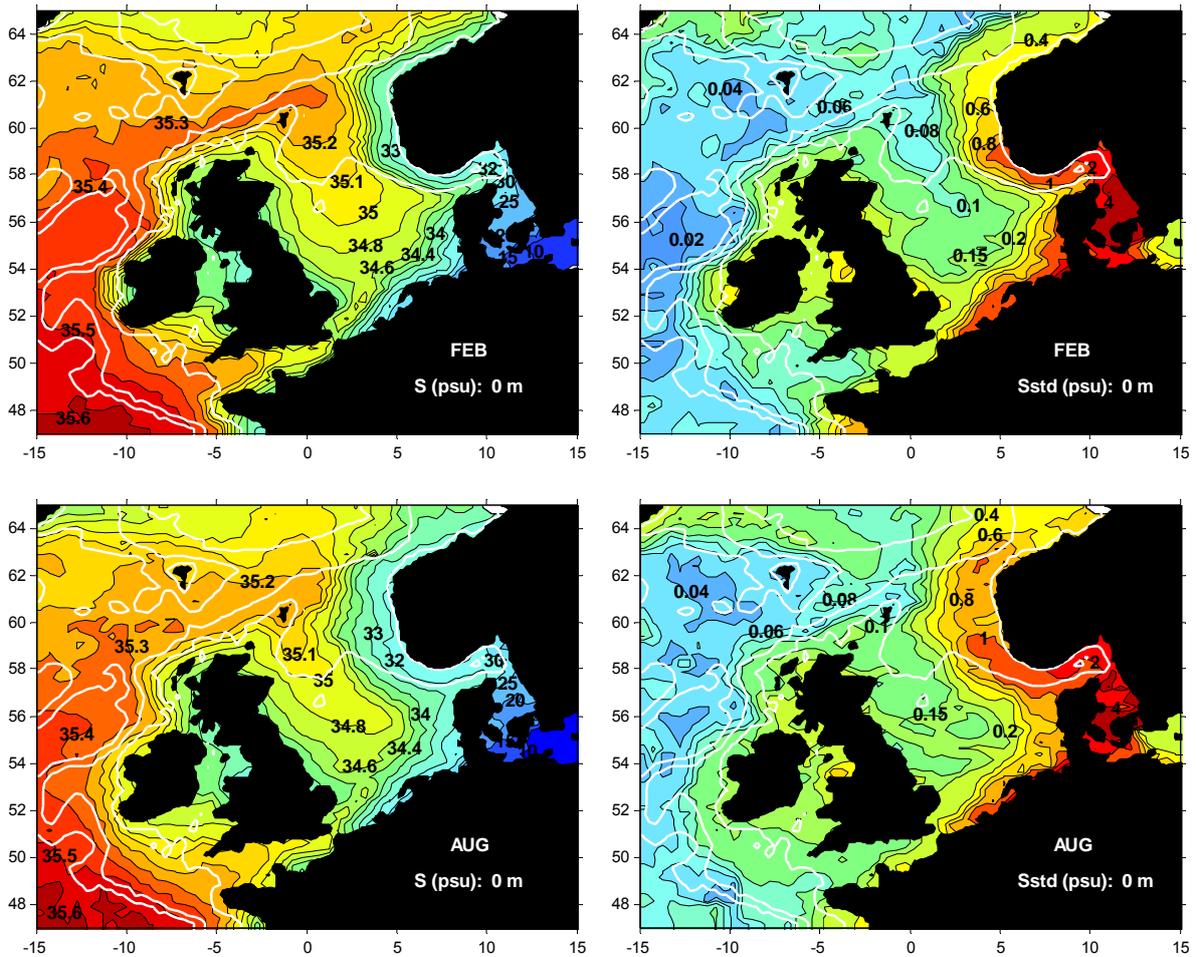


Abb. 22: Mittelwert und Standardabweichung aller guten Temperaturdaten an der Meeresoberfläche für Februar und August im Zeitraum 1890 – 2011. Die weißen Linien geben die Wassertiefen von 100, 500 und 2000 m wieder.



Die KLIWAS Nordseeklimatologie für ozeanographische und meteorologische In-Situ Daten

BSH
DWD
UHH-CEN

Abb. 23: Mittelwert und Standardabweichung aller guten Salzgehaltsdaten an der Meeresoberfläche für Februar und August im Zeitraum 1890 – 2011. Die weißen Linien geben die Wassertiefen von 100, 500 und 2000 m wieder.

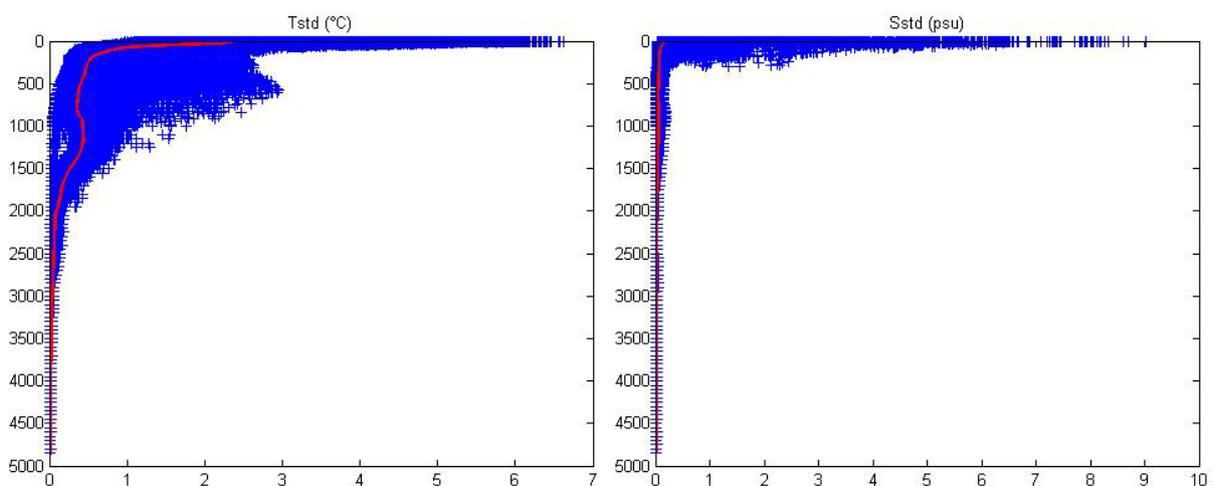


Abb. 24: Vertikale Verteilung (0 - 5000 m) der Standardabweichungen von Temperatur und Salzgehalt (gute Daten) aller Boxen im Zeitraum 1890 – 2011. Der Medianwert ist als rote Linie eingezeichnet.

Insgesamt wurden 2.4% der Temperaturwerte und 7.9% der Salzgehaltswerte als fehlerhaft markiert, so dass 12.9 Mio. Temperatur- und 11.8 Mio. Salzgehaltsdaten als gute Daten für den Zeitraum 1890 bis 2011 verbleiben.

Abb. 25 zeigt den Anteil der durch die Qualitätskontrolle eliminierten Temperaturbeobachtungen als Funktion der Zeit, der Tiefe und der Wassertemperatur. Auffallend ist, dass die Kriegsjahre (1939-1945) einen besonders hohen prozentuellen Anteil von eliminierten Daten aufweisen. Auch die vor ca. 1910 gewonnenen Daten sind durch eine schlechtere Qualität charakterisiert. (Abb. 25a,d,e). Die Analyse zeigt einen erhöhten Anteil von eliminierten Temperaturbeobachtungen in der oberen 1000-m-Schicht (Abb. 25b) und für extrem niedrige und hohe Temperaturwerte (Abb. 25c). Die räumliche Verteilung von eliminierten Beobachtungswerten weist meistens einen erhöhten Anteil eliminiertes Beobachtungen in küstennahen Regionen auf (Abb. 25f).

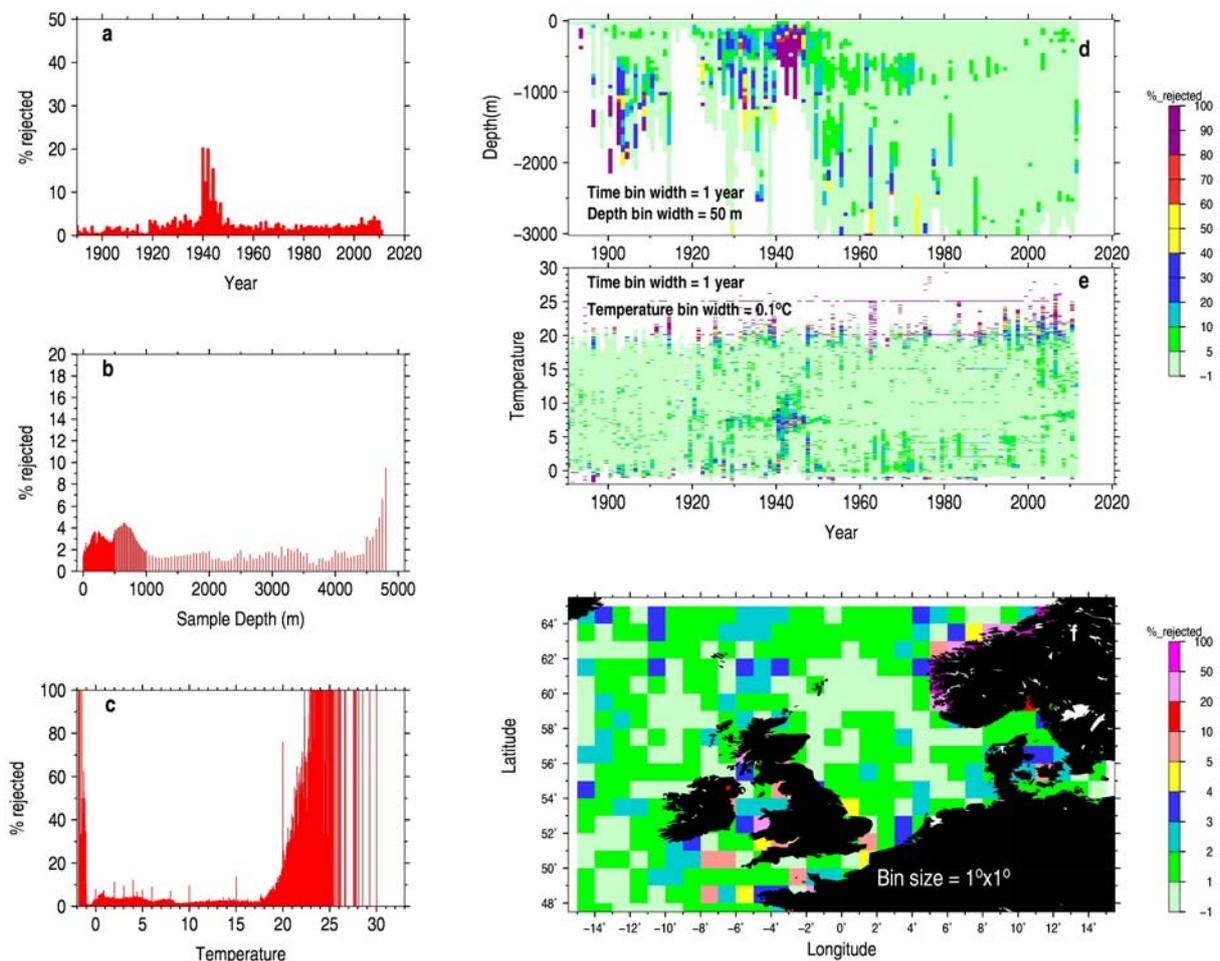


Abb. 25. Anteil der durch die Qualitätskontrolle eliminierten Temperaturbeobachtungen als Funktion der Zeit, der Beobachtungstiefe und der Wassertemperatur.

3.3 Monatliche und jährliche Mittelwerte

Um Jahresmittelwerte berechnen zu können, wurde pro Box und Tiefenstufe (unter eventueller Einbeziehung von Umgebungsboxen zur Verbesserung der saisonalen Abdeckung) der mittlere Jahresgang der Temperatur und des Salzgehalts in den oberen 200 m durch Abzug eines empirisch ermittelten Polynomfits 11. Grades eliminiert. Mit Hilfe dieser Anpassung wurde auch der mittlere Monatsgang der Daten eliminiert. Durch diese Methode wurde eine maximale Abdeckung der Region für die monatlichen und jährlichen Mittelwerte erreicht.

Abschließend wurden für den Zeitraum 1890 – 2011 (122 Jahre) für jede der 72x60 Boxen (0.25° geogr. Breite x 0.5° geogr. Länge) und 179 Tiefenstufen monatliche und jährliche Mittelwerte berechnet. Die Mittelwerte wurden den Zentren der Boxen zugeordnet:

Geogr. Breite: 47.125, 47.375, ..., 64.625, 64.875 °N

Geogr. Länge: -14.75, -14.25, ..., 14.25, 14.75 °E.

Nach der Korrektur einiger fehlerhafter Mittelwerte (Spikes) wurden die Horizontalverteilungen (Daten) schwach geglättet.

Obwohl eine umfangreiche Qualitätskontrolle durchgeführt wurde, können einige verbliebene fehlerhafte Messwerte zu ungenauen Mittelwerten geführt haben. Gleiches gilt für mögliche Residuen des monatlichen und jährlichen Gangs. Beim Gebrauch der Klimatologie auf kleinen räumlichen Skalen ist somit Vorsicht geboten. Eine Fehlerabschätzung liefert auf einer räumlichen Skala von 0.5° Breite x 1.0° Länge einen mittleren Fehler von 0.15 (0.45) °C für die monatliche (jährliche) Temperatur und 0.11 (0.16) psu für den monatlichen (jährlichen) Salzgehalt an der Meeresoberfläche, von 0.13 (0.27) °C bzw. 0.04 (0.06) psu in 50 m Tiefe und von 0.12 (0.22) °C bzw. 0.02 (0.03) psu in 100 m Tiefe. Allgemein nimmt der Fehler von der britischen Küste mit geringer kleinskaliger Variabilität zur norwegischen/dänischen Küste mit höherer kleinskaliger Variabilität hin zu.

Die neue Klimatologie zeigte in Vergleichen mit anderen Klimatologien wie der HadISST1 (Rayner et al., 2003) und der Klimatologie des Japan Marine Science and Technology Center (2005) keine auffälligen fehlerhaften Abweichungen (Abb. 26 und 27).

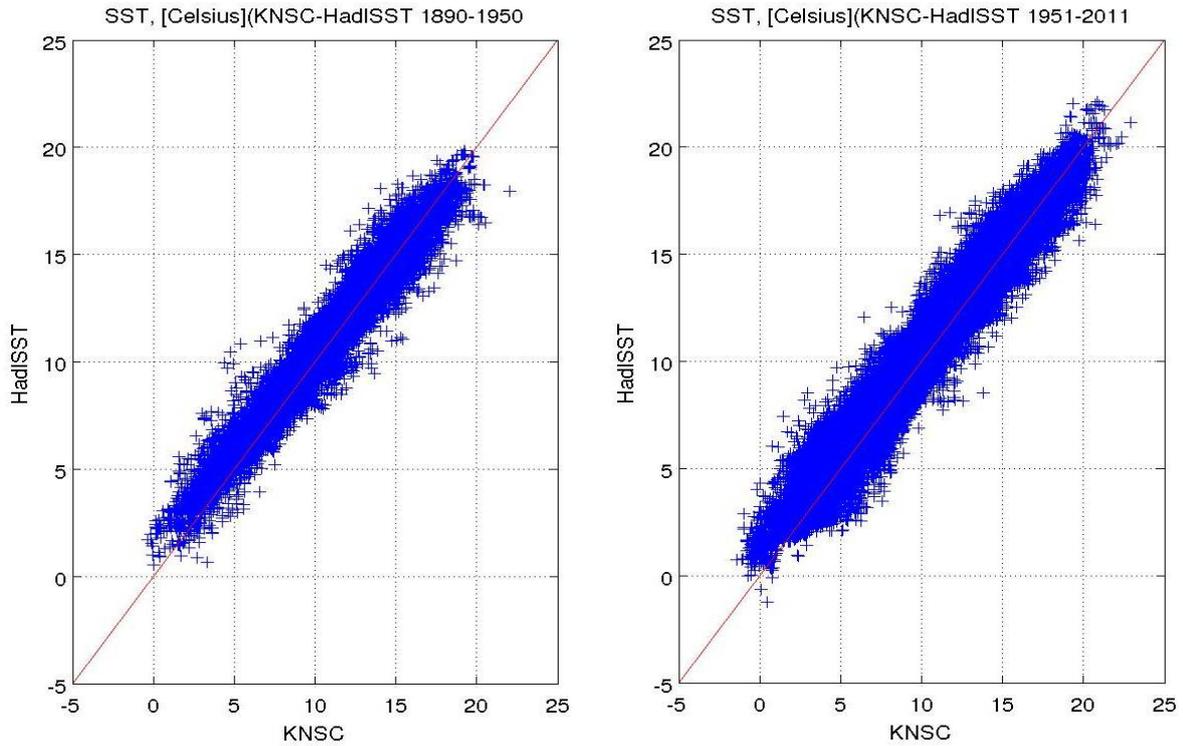


Abb. 26: Vergleich der jährlichen Temperaturen an der Meeresoberfläche (gesamte Region) zwischen der neuen Klimatologie (KNCS) und der HadISST1-Klimatologie für die Zeiträume 1890-1950 (links) und 1951-2011 (rechts).

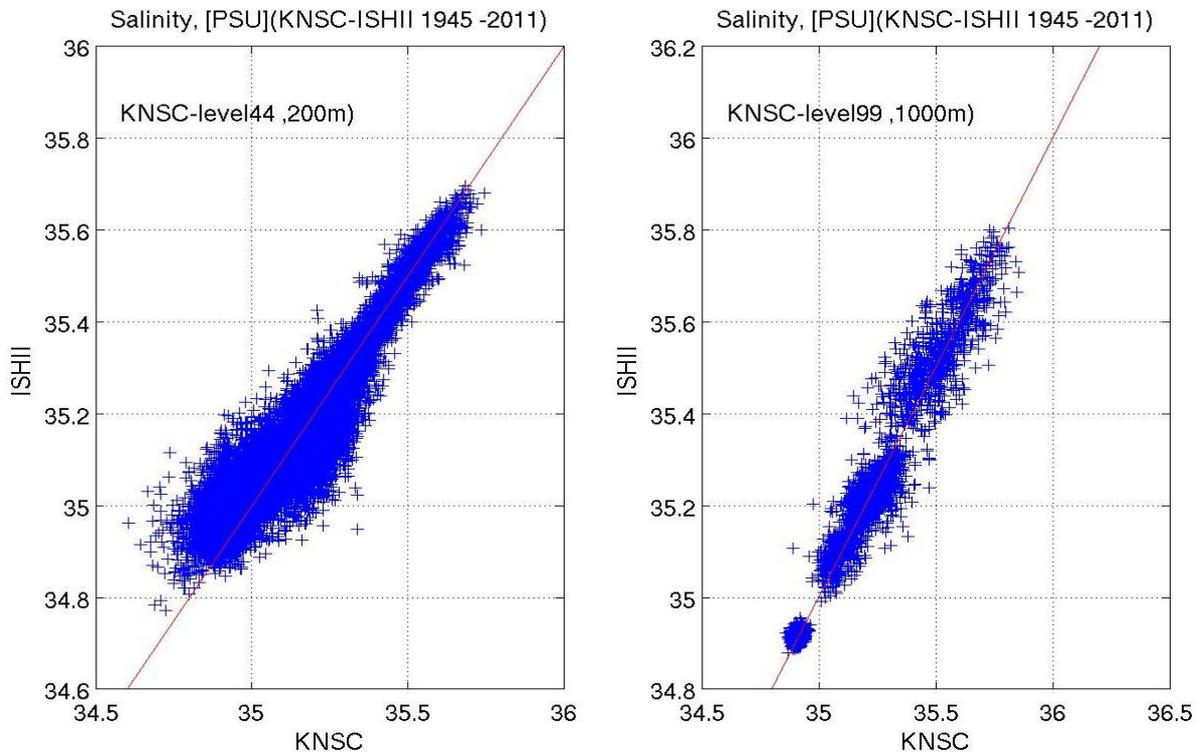


Abb. 27: Vergleich der jährlichen Salzgehalte in 200 m (links) und 1000 m (rechts) Tiefe (gesamte Region) zwischen der neuen Klimatologie (KNCS) und der Klimatologie des Japan Marine Science and Technology Center (ISHII) für den Zeitraum 1945 bis 2011.

3.4 Datenformat

Die Anwendung für den ozeanographischen Teil der Klimatologie wurde unter Windows und Linux mit Matlab 7.1 und FORTRAN realisiert. Eine Liste aller verwendeten Programme und deren Funktionalität ist im Anhang B gegeben. Aus den berechneten Mittelwerten wurden netCDF-Dateien erzeugt

Die netCDF-Dateien der hydrographischen Daten sind analog zu den atmosphärischen Daten benannt:

Project_Parameter__Producer__Version__spatialresolution__temporalcoverage.nc

Zum Beispiel heißt die netCDF-Datei der Temperatur-Monatsmittel für Dezember 2010 folgendermaßen:

KNSC_temperature__UHAM_ICDC__v1__0.5x0.25deg__201012.nc

Die netCDF-Dateien der hydrographischen Daten enthalten pro Parameter zusätzlich zu den berechneten Mittelwerten und die Anzahl der Messungen. Tabelle 5 zeigt die genutzten Parameternamen und Einheiten der Variablen in den netCDF-Dateien.

Name	Einheit
lat (latitude)	deg. N (-90 to 90)
lon (longitude)	deg. E (-180 to 180)
time	month / year
depth	m
sea_water_practical_salinity	psu
sea_water_temperature	°C
number_of_observations	-

Tabelle 5: Parameternamen und Einheiten der Variablen der netCDF-Dateien

3.5 Referenzen

- Boyer, T. P., J. I. Antonov, O. K. Baranova, H. E. Garcia, D. R. Johnson, R. A. Locarnini, A. V. Mishonov, T. D. O'Brien, D. Seidov, I. V. Smolyar, M. M. Zweng (2009): World Ocean Database 2009, Chapter 1: Introduction, NOAA Atlas NESDIS 66, Ed. S. Levitus, U.S. Gov. Printing Office, Wash., D.C., 216 pp, DVD
- Frontier Research System for Global Change, Japan Marine Science and Technology Center, Japan (2005): Subsurface Temperature And Salinity Analyses by Ishii et al., Research Data Archive at the National Center for Atmospheric Research, Computational and Information Systems Laboratory, <http://rda.ucar.edu/datasets/ds285.3>.
- Rayner, N.A., D. E. Parker, E. B. Horton, C. K. Folland, L. V. Alexander, D. P. Rowell, E. C. Kent, A. Kaplan (2003): Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century, *J. Geophys. Res.*, 108 (D14), 4407, doi: 10.1029/2002JD002670
- Reiniger, R. F. and C. K. Ross (1968): A method of interpolation with application to oceanographic data. *Deep-Sea Res.*, 15, 185-193

4. Datenzugang und IT-Struktur

4.1 Struktur

Zur Realisierung der Klimatologie wird die Hardware des Integrated Climate Data Center (ICDC) genutzt. Sie besteht aus einem Storage, einem Datenserver und einem Webserver. Auf dem Storage werden Daten und Dokumente - nur für die ICDC Usergruppe innerhalb des ZMAW-Netzwerks zugänglich - bereitgestellt (KNSC Project Data). Der externe Datenzugang wird über den Daten- und Webserver abgewickelt. Dazu wurde auf dem Datenserver ein THREDDS-Server und ein Live Access Server (LAS) installiert, die beide als Webapplikationen in einem Tomcat Webserver laufen. Der THREDDS-Server dient dabei zum Datendownload, der LAS visualisiert die Daten interaktiv. Der Webserver stellt die ICDC-Website zur Verfügung und leitet Anfragen an LAS und THREDDS weiter.

4.2 Website

Die KNSC-Website besteht aus einer Projektseite und zwei Datenseiten auf dem ICDC-TYPO3-Portal icdc.zmaw.de. Die Projektseite umfasst die Beschreibung des KNSC-Projekts, die meteorologische und hydrographische Datenseite stellt Metadaten sowie den Zugang zu den Daten.

Link zur Projektseite:

<http://www.icdc.zmaw.de/knsc.html>

4.3 THREDDS Data Server

Der THREDDS Data Server dient zum Download der Daten via HTTP und dem Zugriff auf die Datensätze via OPeNDAP. Er wurde auf dem Datenserver als Webapplikation in einem Tomcat Webserver installiert.

Link zum THREDDS Server:

<http://icdc.zmaw.de/thredds-knsc/>

Weitere Informationen vom THREDDS-Hersteller Unidata Program Center:

<http://www.unidata.ucar.edu/software/tds/>

4.4 Live Access Server (LAS)

Auch der LAS läuft als Webapplikation im Tomcat Server und dient zur Visualisierung der Datensätze. Hier sind Darstellungen von interaktiven Karten, Zeitreihen, Schnitten, Property-Property-Plots (z.B. T-S-Diagramme) möglich. Link zum LAS:

<http://icdc.zmaw.de/las-knsc/>

Weitere Informationen vom LAS-Hersteller NOAA/PMEL:

4.5 Zusätzliches Webfrontend

Ein zusätzliches Webfrontend wurde als Java-Webapplikation, die auch im Tomcat läuft, programmiert. Es dient zur nutzerbestimmten, frei wählbaren Darstellung von Bezugsperioden für die meteorologischen Klimatologien. Im Hintergrund wird dadurch die Berechnung der Mittelwerte mit Matlab angestoßen. Das Ergebnis kann der User dann per THREDDS-Server herunterladen.

Anhang A: Qualitätsflags des DWD-Datensatzes

Die KLIWAS
Nordseeklima-
tologie für
ozeanographische
und
meteorologische
In-Situ Daten

BSH
DWD
UHH-CEN

FEHLEND	X
UNGEPRUEFT	A
FORMAL RICHTIG	B
KLIMAT. RICHTIG	C
ANALYSE KONSISTENT	D
ZEITL. KONSISTENT	E
INN. KONSISTENT	F
RAEUML. KONSISTENT	G
MANUELL BESTAETIGT	H
FORMAL FALSCH	(
KLIMAT. FALSCH	[
ANALYSE FALSCH	{
ZEITL. FALSCH	/
INN. FALSCH	<
RAEUML. FALSCH	-
MANUELL FALSCH	%

Tabelle 6: Bedeutung der DWD Qualitätsflags

Anhang B: Liste der verwendeten Programme

Meteorologischer Teil:

Filename	Task
read_atmos_kliwas_data.f	Fortran code to convert data into csv format
kliwas_climatology.m	Graphical User Interface for main_program.m
main_program.m	Read in and filter csv data, correct data by annual and diurnal cycle, calculate gridded monthly means
calculate_climatology_netcdf.m	Read in monthly means, calculate climatologies, write netCDF files
annual_mean_atmospheric_KNSC.m	Calculate annual means, write netCDF files

Tabelle 7: Liste der verwendeten Fortran- und Matlab-Programme im meteorologischen Teil

Hydrographischer Teil:

Die KLIWAS
Nordseeklima-
tologie für
ozeanographische
und
meteorologische
In-Situ Daten

BSH
DWD
UHH-CEN

Filename	Task
NSTRANS0	Extraction of meta data
NSTRANS1	Conversion of formats and data-gap control
DBLECHK	Check for station duplicates
CRBOX2B	Sorting of the stations into geogr. boxes
CRQUAL	Setting of the quality matrices
QCONTRPL	Marking of land stations
MAXDEPTH	Estimation of the maximum water depth in a box
QCMAXDEP	Marking of data located beneath the maximum water depth
QCRANGETS	Marking of data outside a regional range
QCTSEQZ	Marking of data with T=z or S=z
QCCONST	Marking of temporally constant data
QCSTDTS*B	Marking of data outside a zoomed STD for the total period, 6 sub-periods, and 12 months (upper 200 m)
QCRANGETS2	Marking of data outside an estimated local monthly range in the upper 200 m
PLPIXEL2	Visual marking of erroneous data
CRSTD*	Computation and correction of mean and STD for each box and the total period
QQCSTD	Marking of data outside the computed STD for the total period
CRSTD*M	Computation and correction of mean and STD for each box and 12 months (upper 200 m)
QQCSTD2	Marking of data outside the computed STD for each month
DF*	Reformatting of the data
SEASFITNS	Subtraction of a local seasonal polynomial fit for the upper 200 m
MONTHFITNS	Subtraction of the local intra-monthly variation for the upper 200 m
MEANSTD1A	Computation of the yearly means
DF3	Computation of the monthly means
HORSPIK*	Correction of spikes in the horizontal maps and data
HORSMTHB*	Weak horizontal smoothing of the data
OUT*	Reformatting of the data

Tabelle 8: MATLAB-Programme für die Aufbereitung der hydrographischen Daten. * steht für mehrere Programme.



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)

Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe

www.baw.de
info@baw.de

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)

Bernhard-Nocht-Straße 78
20359 Hamburg

www.bsh.de
posteingang@bsh.de



**BUNDESAMT FÜR
SEESCHIFFFAHRT
UND
HYDROGRAPHIE**



Deutscher Wetterdienst (DWD)

Frankfurter Straße 135
63067 Offenbach/Main

www.dwd.de
info@dwd.de

**Bundesanstalt für
Gewässerkunde (BfG)**

Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz

www.bafg.de
posteingang@bafg.de



IMPRESSUM

Herausgeber:

Bundesanstalt für Gewässerkunde
KLIWAS Koordination
Am Mainzer Tor 1
Postfach 20 02 53
56002 Koblenz
Tel.: 0261 / 1306-0
Fax: 0261 / 1306-5302
E-Mail: kliwas@bafg.de
Internet: <http://www.kliwas.de>

Redaktion: KLIWAS-Koordination
Bundesanstalt für Gewässerkunde

Autoren: Detlef Stammer, Manfred Bersch,
Remon Sadikni, Annika Jahnke-Bornemann,
Viktor Gouretski, Iris Hinrichs (UHH)
Hartmut Heinrich, Birgit Klein, Holger Klein,
Nils Schade (BSH)
Gudrun Rosenhagen, Birger Tinz,
Christiana Lefebvre (DWD)

Layout: Christin Hantsche und Tobias Knapp,
Bundesamt für Seeschifffahrt
und Hydrographie - Rostock

Druck: Bundesanstalt für Gewässerkunde

DOI: 10.5675/Kliwas_59/2014_Nordseeklimatologie