

155120	155120	155120	155120	155120
155120	155120	155120	155120	155120
155120	155120	155120	155120	155120
155121	155121	155121	155121	155121
155121	155121	155121	155121	155121
155121	155121	155121	155121	155121
155121	155121	155121	155121	155121
155122	155122	155122	155122	155122
155122	155122	155122	155122	155122



3.7 Salzgehalt 2016 & 2017

<•> H. Klein , A. Frohse & A. Schulz • • • • •

3.7.1 Einführung

3.7.2 Salzgehaltsverteilung und Gesamt-Salzinhalt der Nordsee im Sommer

3.7.3 Abfluss Elbe und Salzgehalt bei Helgoland Reede

Diskutiert werden die beobachteten geographischen Verteilungen des Salzgehalts in den Sommern 2016 und 2017, sowie die Jahrgänge der Süßwasserabflüsse der Elbe und des Salzgehalts bei Helgoland Reede. Zur Beschreibung der Methoden und Datengrundlage siehe Loewe et al., 2013.

3.7.1 Einführung

Der Salzgehalt der Nordsee ist abhängig vom Einstrom salzreichen Atlantischen Wassers (AW) mit Salzgehalten über 35 Practical Salinity Units (psu) aus Nordwest, sowie von salzarmen Wassermassen im Osten. Salzgehalte unter 34 psu markieren den Einflussbereich des Baltischen Ausstroms über der Norwegischen Rinne und im Skagerrak, sowie den der kontinentalen Festlandsabflüsse. Dieses Wasser wird im Folgenden als Küstenwasser (KW) bezeichnet. Der Süßwassereintrag durch Niederschlag über der Nordsee wird weitgehend durch Verdunstung kompensiert.

Ausgeprägte Salzgehaltsschichtungen treten in der Nordsee in den Mündungsgebieten der großen Flüsse und in den vom Brackwassereintrag des Baltischen Ausstroms beeinflussten Bereichen auf. Im Sommer ist die Bodenwasserschicht durch die saisonale Thermokline von der Deckschicht entkoppelt, so dass nicht nur die winterlichen Bodenwassertemperaturen sondern auch die bodennahen Salzgehaltsbedingungen bis in den Sommer nur geringen Änderungen unterworfen sind. Im Winter dokumentieren nahezu identische Verteilungen in der boden- und oberflächennahen Schicht die vertikale Durchmischung der Nordsee.

Für die im Rahmen der jährlichen BSH Nordsee-Sommernaufnahmen erhobenen Daten sind auch die Anomalien bzgl. der Referenzperiode 2000-2010 (RP) dargestellt. Bei dieser 10-Jahresperiode wurde das Jahr 2002 übersprungen, da diese Aufnahme zu früh, d.h. deutlich vor dem Erreichen des Temperaturmaximums der Nordsee durchgeführt wurde.

3.7.2 Salzgehaltsverteilung und Gesamt-Salzinhalt der Nordsee im Sommer

In 2016 lag die südliche Grenze des von Norden eindringenden AWs an der Oberfläche und in der Bodenschicht bei 56°N. Dabei drang das AW an der Oberfläche in einer relativ schmalen Zunge und am Boden in breiter Front nach Süden vor (Abb. 1a, oben). Die großräumige Verteilung der Salzgehalts-Anomalien (Abb. 1a, unten) zeigt sowohl an der Oberfläche als auch am Boden nur geringe Abweichung von der RP, wobei negative Anomalien bevorzugt in der östlichen Hälfte der Nordsee und im Bereich des Ausgangs des Englischen Kanals auftreten. Dabei unterschied sich die räumliche Verteilung des AW weitgehend von der des Vorjahres (Abb. 2). Der wesentliche Unterschied liegt im oberflächennahen Einstrom am nördlichen Rand: Dieser ist in 2016 auf eine schmale Zunge reduziert, die auch noch in einzelne „Blasen“ zerfällt. Der Gesamt-Salzinhalt der Nordsee lag 2016 mit 1.092×10^{12} t geringfügig unter dem des Vorjahres und ist der niedrigste Wert seit 2001 (Abb. 5 und Tabelle 1).

In 2017 drang das AW an der Oberfläche und in der Bodenschicht auf breiter Front von Norden bis nach 58, bzw. 57°N vor (Abb. 1b, oben) und zeigte in beiden Schichten nur geringe Abweichungen gegenüber der RP. Nur an der Oberfläche wurden über der Viking und Bergen Bank und über dem Utsiragrund positive Anomalien bis zu 1 psu beobachtet. Positive Anomalien derselben Größenordnung wurden ebenfalls in der vertikal durchmischten inneren Deutschen Bucht beobachtet (Abb. 1b, unten). Der Gesamt-Salzinhalt der Nordsee stieg in 2017 mit 1.105×10^{12} t geringfügig wieder an, lag aber immer noch 1.6 Standardabweichungen unter dem RP (Abb. 5 und Tabelle 1).

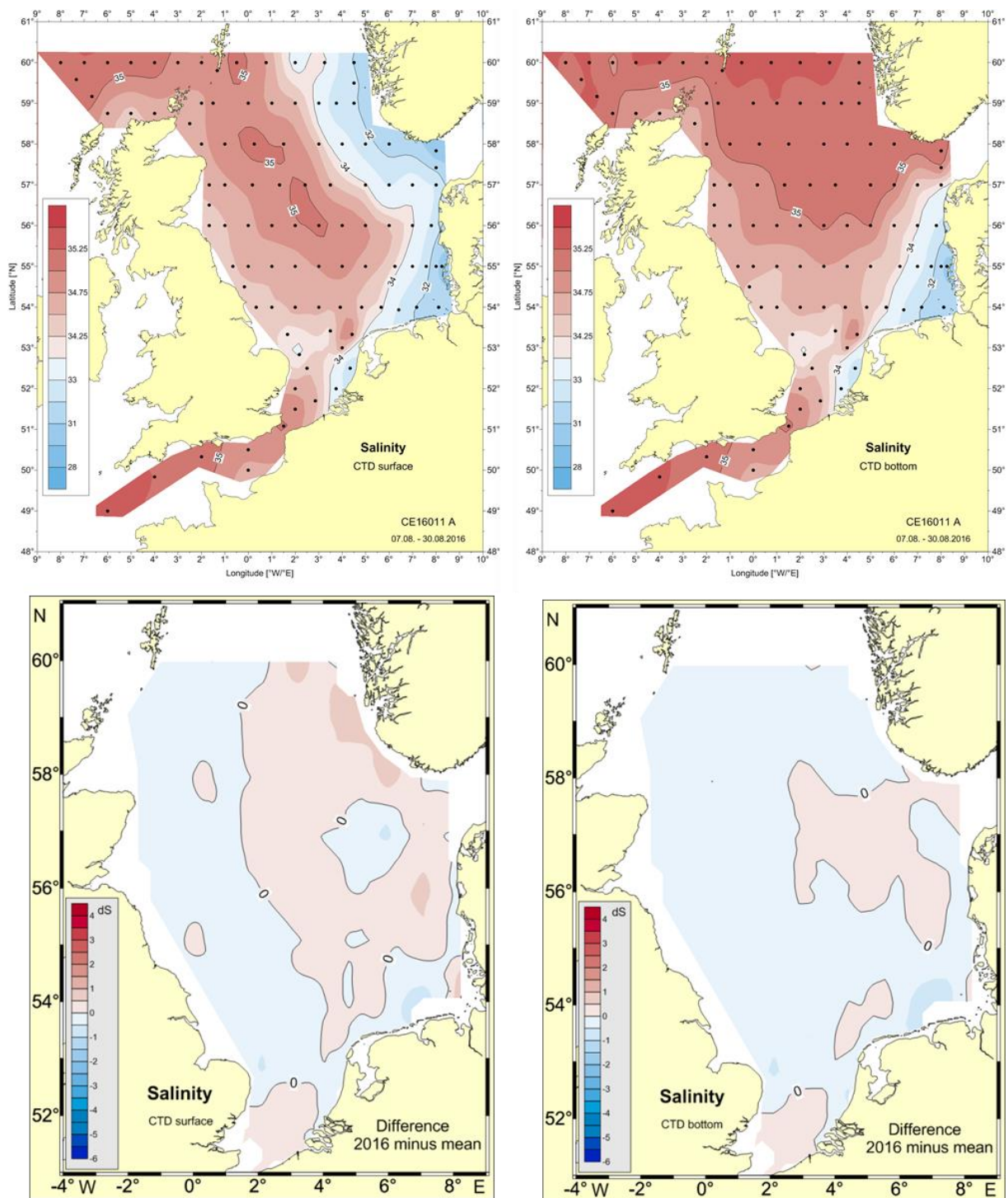


Abb. 1a: Salzgehaltsverteilung in Oberflächen- und Bodennähe im Sommer 2016 (oben) und die Anomalien bzgl. der Referenzperiode 2000-2010 (unten), FS Celtic Explorer 16011a.

Fig. 1a: Near-surface and -bottom salinity distributions during summer 2016 (top) and anomalies w.r.t. the reference period 2000-2010 (bottom), FS Celtic Explorer 16011a.

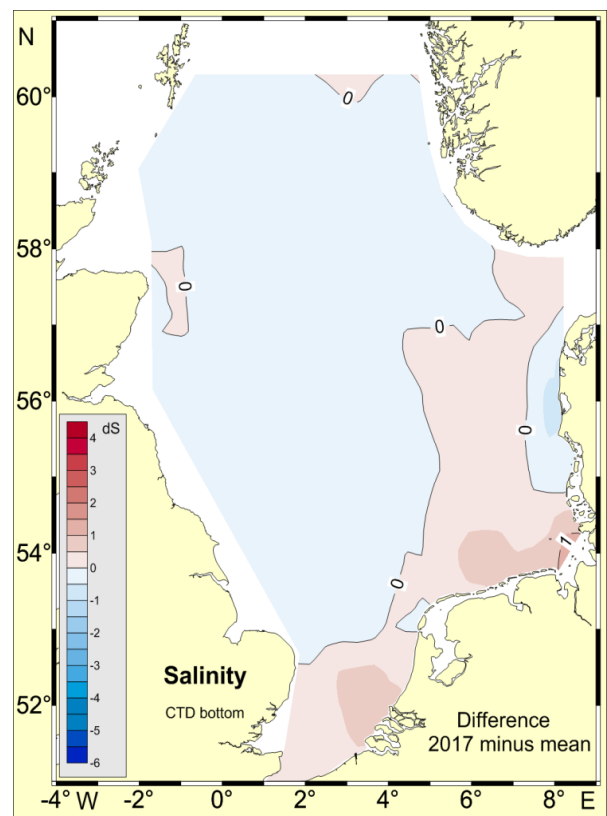
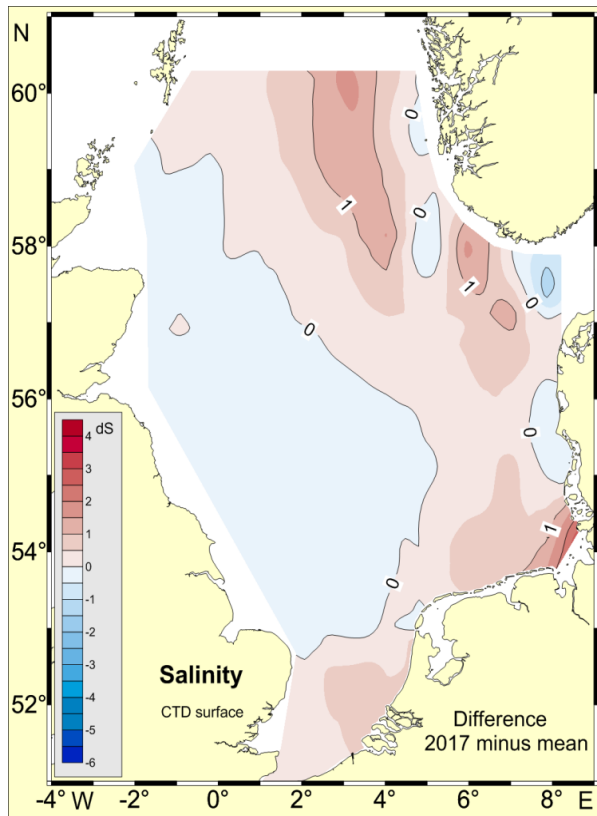
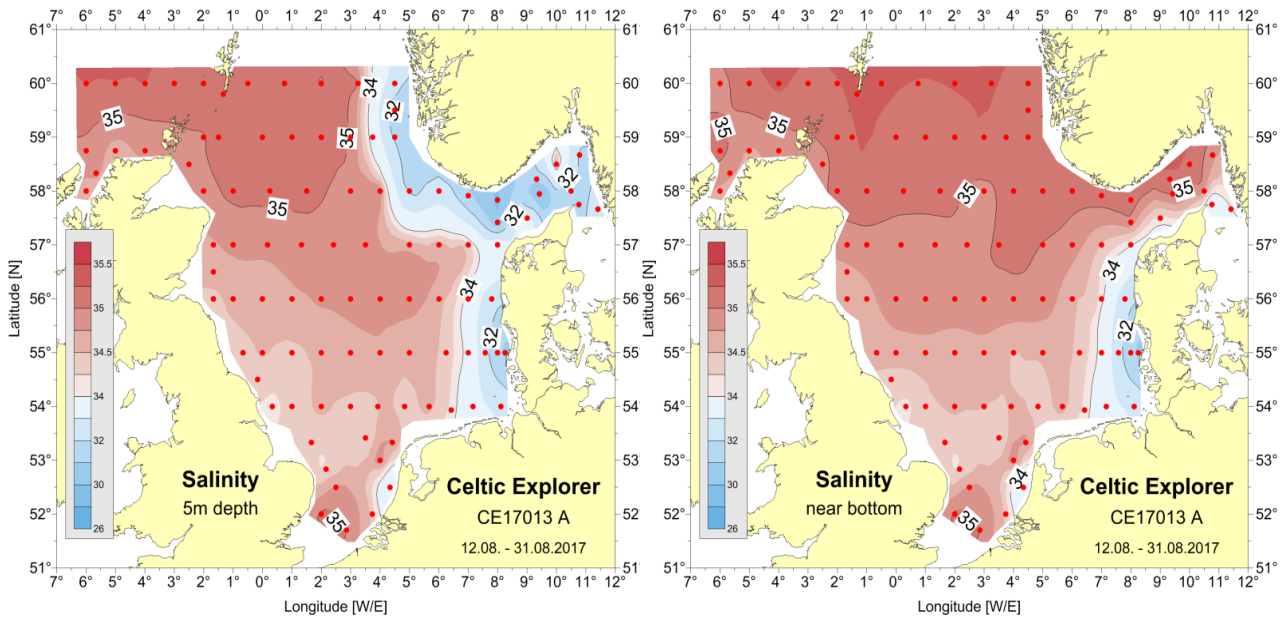


Abb. 1b: Salzgehaltsverteilung in Oberflächen- und Bodennähe im Sommer 2017 (oben) und die Anomalien bzgl. der Referenzperiode 2000-2010 (unten), FS Celtic Explorer 17013a.

Fig. 1b: Near-surface and -bottom salinity distributions during summer 2017 (top) and anomalies w.r.t. the reference period 2000-2010 (bottom), FS Celtic Explorer 17013a.

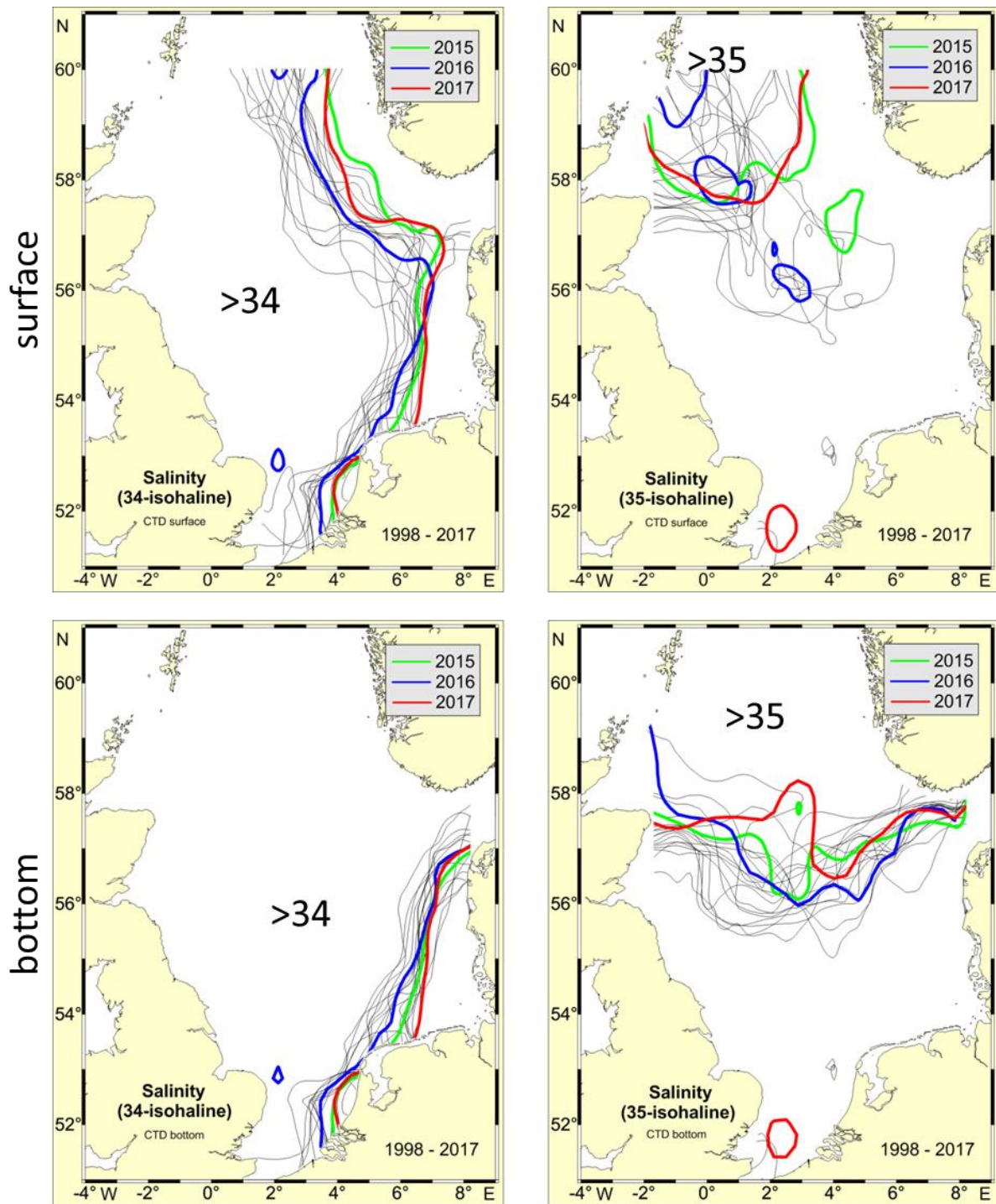


Abb. 2: Positionen der 34 (links) und 35 (rechts) psu Isohalinen 1998 – 2017 für die Oberflächen- (oben) und Bodenschicht (unten). Rot: 2017, blau: 2016, grün: 2015, grau: 1998-2014.

Fig. 2: Positions of the 34 (left) and 35 (right) psu isohalines 1998 – 2017. Top panel: surface layer, bottom panel: bottom layer. Red: 2017, blue: 2016, green: 2015, grey: 1998-2014.

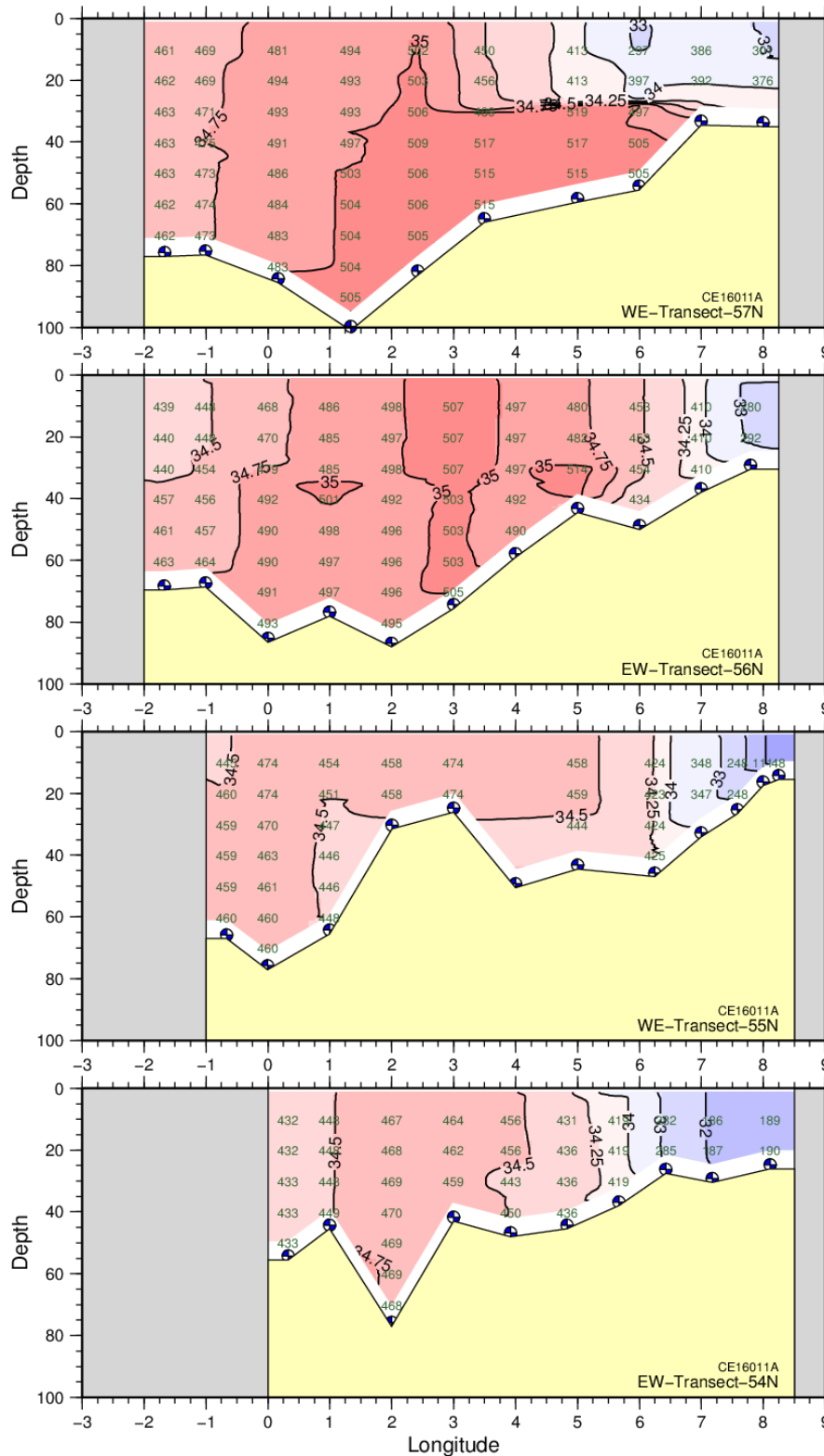


Abb. 3a: Vertikale Salzgehaltsverteilung auf dem 54°, 55°, 56° und 57°N Schnitt im Sommer 2016. CTD-Daten FS Celtic Explorer 16011a. Die Zahlen zeigen den (Salzgehalt × 100) – 3000 für ausgewählte Datenpunkte.

Fig. 3a: Vertical salinity distribution along the 54°, 55°, 56°, and 57°N sections in summer 2016 based on CTD data RV Celtic Explorer 16011a. The numbers in the section give (salinities × 100) - 3000 for selected data points.

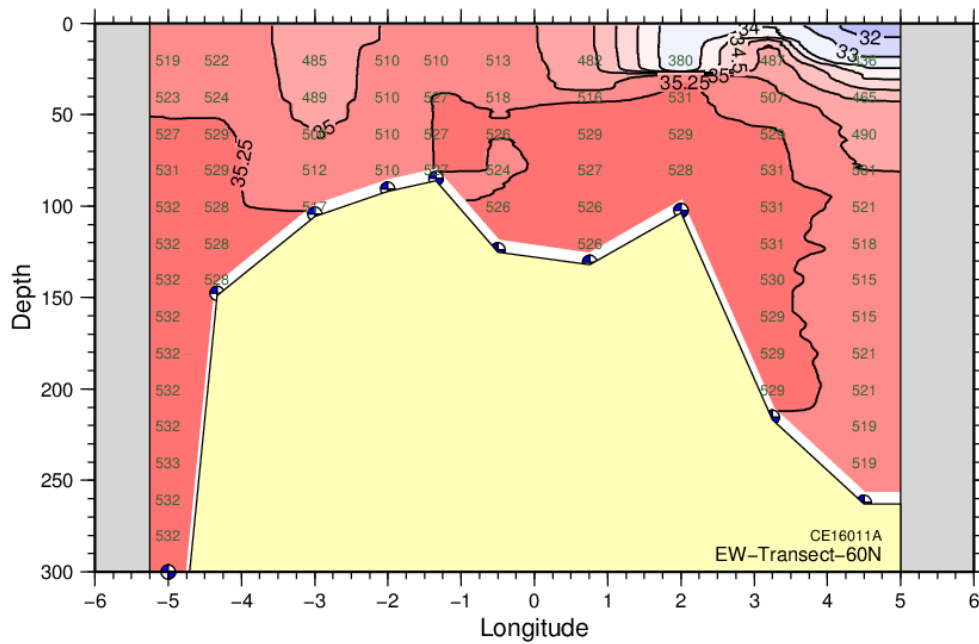


Abb. 3c: Vertikale Salzgehaltsverteilung auf dem 60° Schnitt im Sommer 2016. CTD-Daten FS Celtic Explorer 16011a. Die Zahlen zeigen den $(\text{Salzgehalt} \times 100) - 3000$ für ausgewählte Datenpunkte.

Fig. 3c: Vertical salinity distribution along the 60°N sections in summer 2016 basing on CTD data RV Celtic Explorer 16011a. The numbers in the section give $(\text{salinities} \times 100) - 3000$ for selected data points.

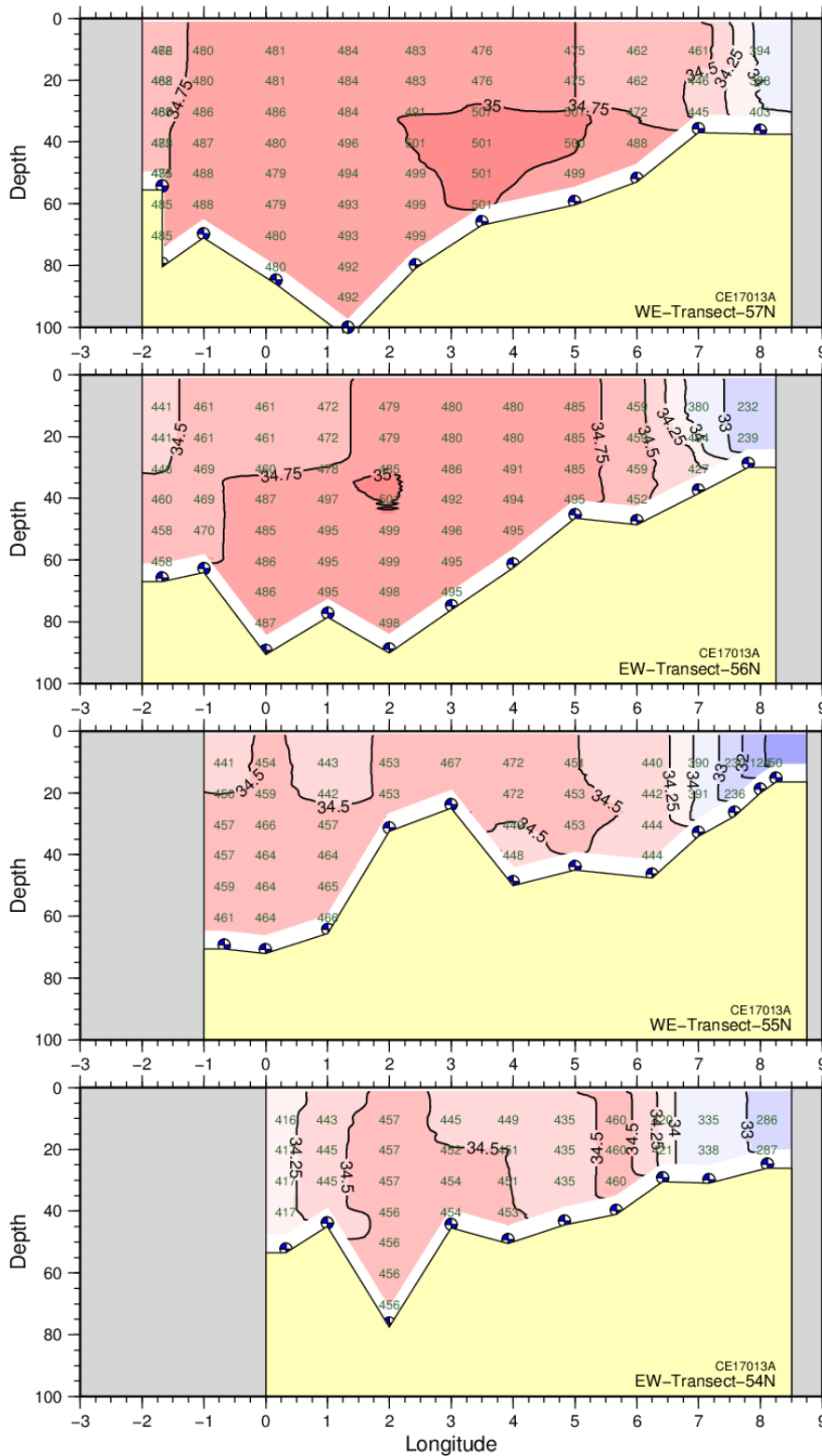


Abb. 4a: Vertikale Salzgehaltsverteilung auf dem 54°, 55°, 56° und 57°N Schnitt im Sommer 2017. CTD-Daten FS Celtic Explorer 17013a. Die Zahlen zeigen den (Salzgehalt × 100) – 3000 für ausgewählte Datenpunkte.

Fig. 4a: Vertical salinity distribution along the 54°, 55°, 56°, and 57°N sections in summer 2017 based on CTD data RV Celtic Explorer 17013a. The numbers in the section give (salinities × 100) - 3000 for selected data points.

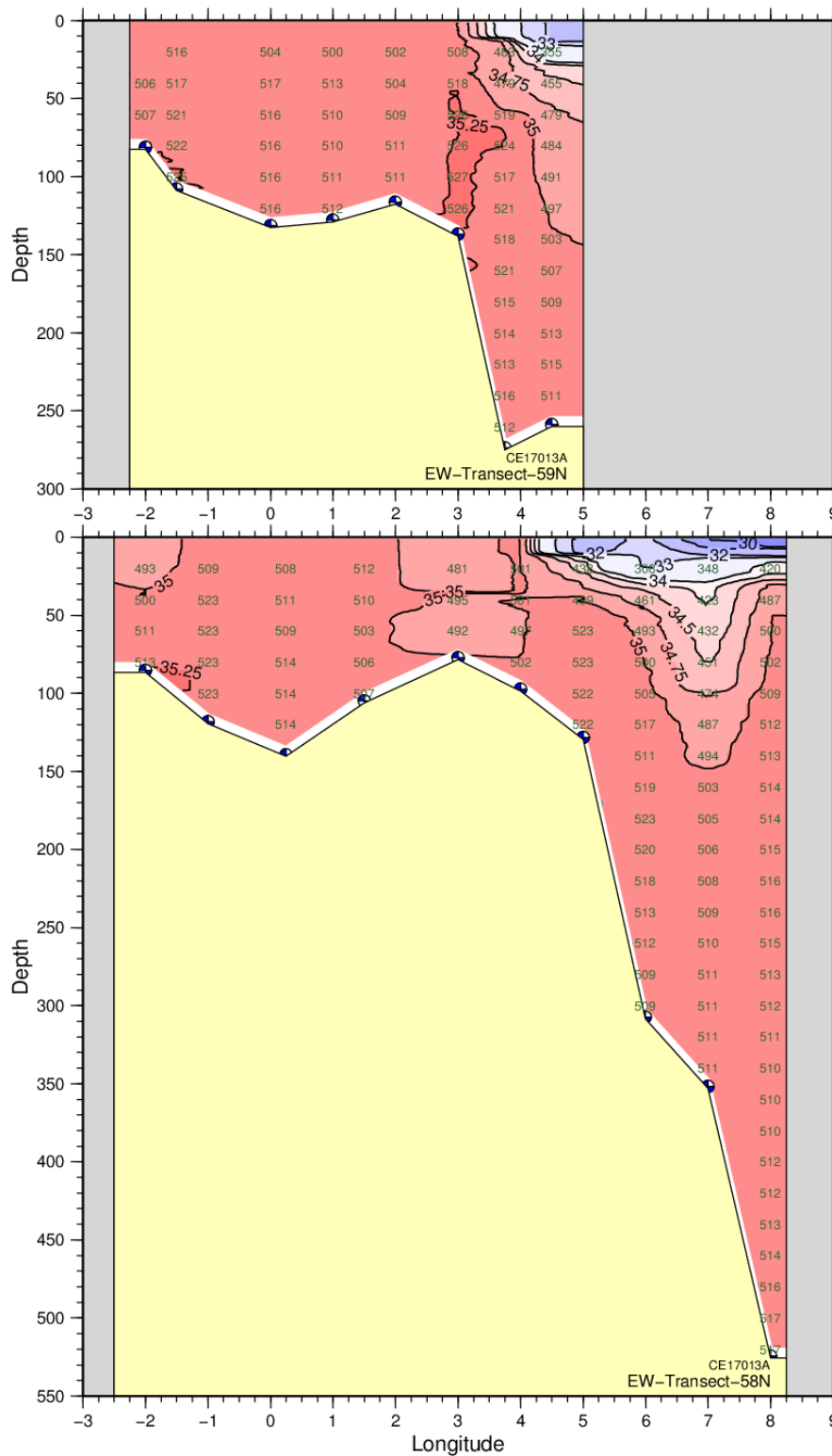


Abb. 4b: Vertikale Salzgehaltsverteilung auf dem 58° und 59°N Schnitt im Sommer 2017. CTD-Daten FS Celtic Explorer 17013a. Die Zahlen zeigen den (Salzgehalt × 100) – 3000 für ausgewählte Datenpunkte.

Fig. 4b: Vertical salinity distribution along the 58° and 59°N sections in summer 2017 basing on CTD data RV Celtic Explorer 17013a. The numbers in the section give (salinities × 100) - 3000 for selected data points.

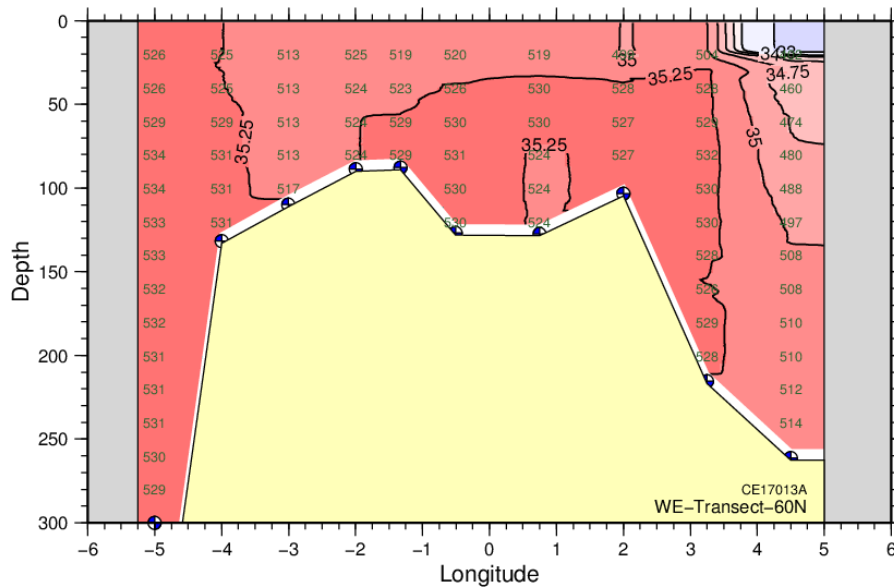


Abb. 4c: Vertikale Salzgehaltsverteilung auf dem 60° Schnitt im Sommer 2017. CTD-Daten FS Celtic Explorer 17013a. Die Zahlen zeigen den (Salzgehalt × 100) – 3000 für ausgewählte Datenpunkte.

Fig. 4c: Vertical salinity distribution along the 60°N sections in summer 2017 basing on CTD data RV Celtic Explorer 17013a. The numbers in the section give (salinities × 100) - 3000 for selected data points.

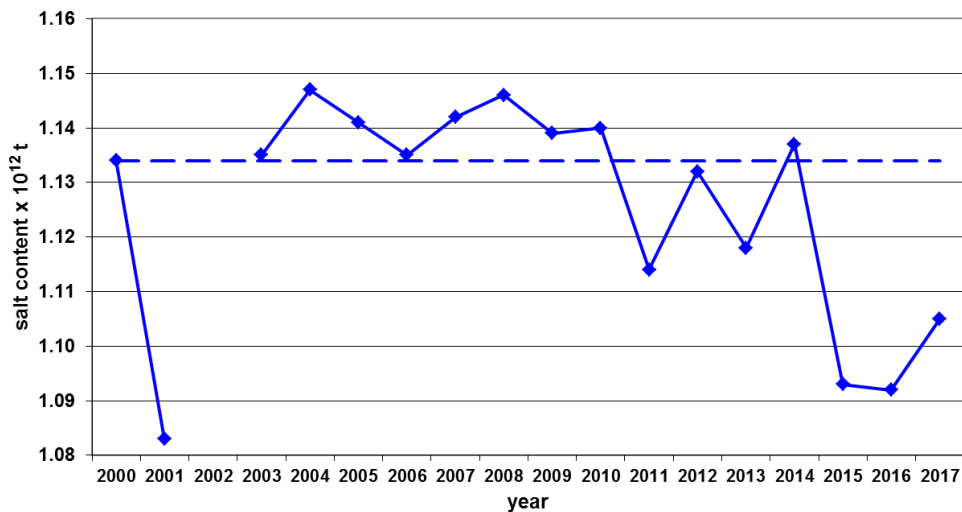


Abb. 5: Gesamt-Salzinhalt der Nordsee im Sommer in 10¹² t von 2000 bis 2017 (ohne 2002). Gestrichelte Linie: Mittelwert der Referenzperiode 2000-2010 (1.134±0.018×10¹² t) basierend auf den Daten der Sommeraufnahmen.

Fig. 5: Total salt content in 10¹² t from 2000 to 2017 (without 2002). Broken line: Mean over reference period 2000-2010 (1.134±0.018×10¹² t) based on summer cruise data.

date of cruise	mid-term of survey	TSC [$\times 10^{12}$ t]	ΔS [std dev]
02.07.1999 - 22.07.1999	09.07.1999	1.122	-0.66
09.08.2000 - 23.08.2000	06.08.2000	1.134	-0.01
11.07.2001 – 02.08.2001	27.07.2001	1.083	-2.77
16.07.2002 - 31.07.2002	25.07.2002	1.131	-0.17
28.07.2003 - 13.08.2003	04.08.2003	1.135	0.04
05.08.2004 - 20.08.2004	12.08.2004	1.147	0.69
10.08.2005 - 29.08.2005	20.08.2005	1.141	0.37
02.08.2006 - 20.08.2006	11.08.2006	1.135	0.04
03.08.2007 – 17.08.2007	10.08.2007	1.142	0.42
21.07.2008 – 05.08.2008	29.07.2008	1.146	0.64
20.08.2009 – 09.09.2009	29.08.2009	1.139	0.26
04.08.2010 – 24.08.2010	13.08.2010	1.140	0.31
08.08.2011 – 28.08.2011	17.08.2011	1.114	-1.09
07.08.2012 – 26.08.2012	16.08.2012	1.132	-0.12
10.08.2013 – 31.08.2013	21.08.2013	1.118	-0.88
02.08.2014 – 21.08.2014	12.08.2014	1.137	0.15
08.08.2015 – 26.08.2015	18.08.2015	1.093	-2.23
04.08.2016 – 23.08.2016	14.08.2016	1.092	-2.28
12.08.2017 – 30.08.2017	20.08.2017	1.105	-1.58
10 year average 2000-2010 (without 2002) ± standard deviation		1.134±0.018	-

Tabelle 1: Gesamt-Salzhalt der Nordsee (TSC), basierend auf den Daten der Nordsee-Sommeraufnahmen des BSH. ΔS = Normierte Anomalie (Differenz zur Referenzperiode in Standardabweichungen).

Table 1: Total North Sea salt content (TSC), data from BSH North Sea summer surveys. ΔS = normalised anomaly (difference to reference period in standard deviations).

3.7.3 Abfluss Elbe und Salzgehalt bei Helgoland Reede

Wie schon in den beiden vorangehenden Jahren lag die Gesamtabflussmenge in 2016 mit $15.3 \text{ km}^3/\text{a}$ deutlich unter dem Mittel der Referenzperiode 1971-2000 (Abb. 6), aber noch innerhalb des 95%-Bandes. Durch geringe Niederschläge und Schmelzwasserabflüsse im Winter 2015/2016 lagen die monatlichen Abflüsse in 2016 ganzjährig unter dem klimatologischen Mittel (Abb. 7).

In 2017 stieg die Gesamtabflussmenge mit $18.2 \text{ km}^3/\text{a}$ im Vergleich zu den drei vorhergehenden Jahren leicht an, lag aber noch immer deutlich unter dem Mittel der Referenzperiode. Die negative Korrelation zwischen dem Festlandsabfluss der Elbe und dem Salzgehalt bei Helgoland ist in beiden Jahren erkennbar, aber weniger stark ausgeprägt als in Jahren mit höheren Abflüssen.

Die in Abb. 6 gemeinsam mit der Monatsklimatologie des Zeitraums 1971–2000 dargestellten jahreszeitlichen Entwicklungen des Oberflächensalzgehalts bei Helgoland Reede basieren auf werktäglichen Messungen und FerryBox-Daten, die freundlicherweise von der zum Alfred-Wegener-Institut (AWI) gehörenden Biologischen Anstalt Helgoland bereitgestellt wurden (Wiltshire and Manly, 2004; Franke et al., 2004; PANGAEA, 2004). Die wesentlichen

Signale finden sich auch in den Salzgehaltsdaten der MARNET-Station „Deutsche Bucht“ wieder (6 m Messtiefe), auch wenn diese Daten zum Teil erhebliche Lücken aufweisen.

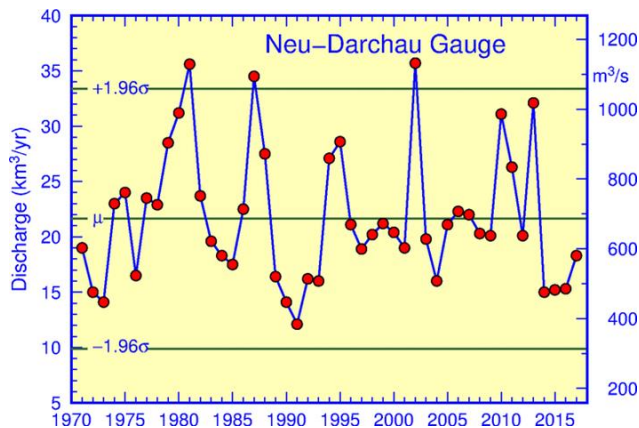


Abb. 6: Jahresabflussraten der Elbe 1970–2017 am Pegel Neu-Darchau mit Langzeitmittel (1971–2000) und 95%-Grenzen. 1 km³/a entspricht 31.7 m³/s. (Rohdaten: WSA-Lauenburg)

Fig. 6: Annual runoff 1970–2017 of Elbe River at gauge Neu-Darchau with long-term mean (1971–2000) and 95%-limits. 1 km³/a is equivalent to 31.7 m³/s. (Raw data courtesy WSA-Lauenburg)

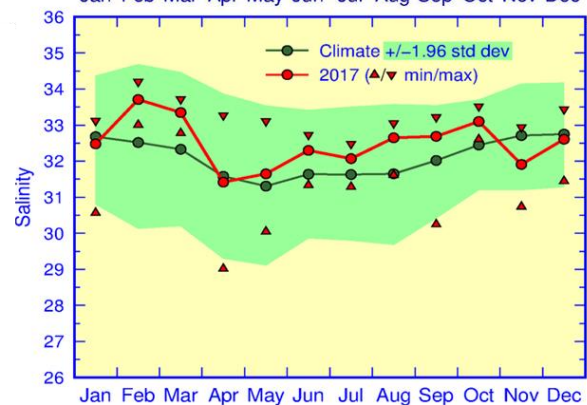
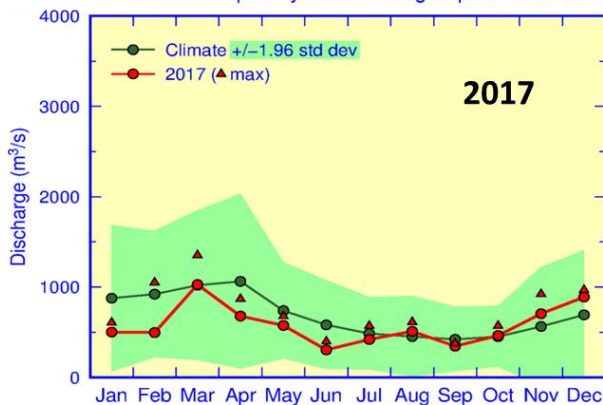
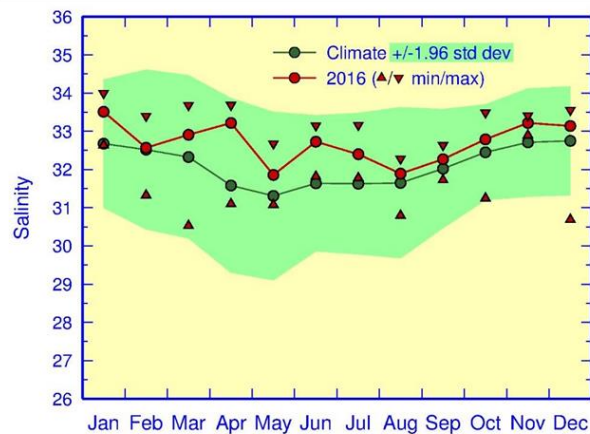
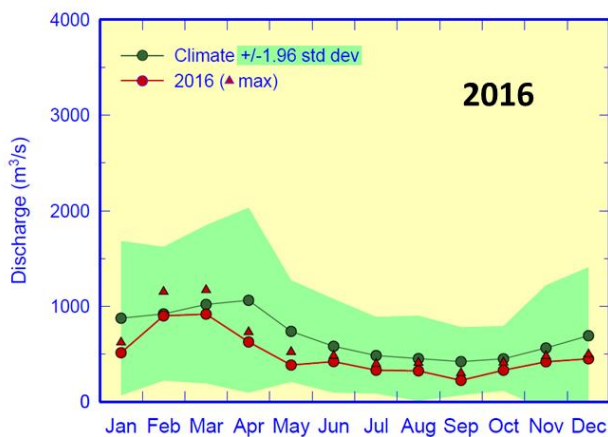


Abb. 7: Links: Monatsmittel und maximale Abflussraten der Elbe am Pegel Neu-Darchau mit Klimatologie (1971 – 2000) und 95%-Band (Klima ± 1.96 Standardabweichungen). Rechts: Jahresgang des monatlich gemittelten Oberflächensalzgehalts und monatliche Extrema bei Helgoland Reede mit Klimatologie (1971 – 2000) und 95%-Band (Klima ± 1.96 Standardabweichungen).

Fig. 7: Left: Monthly mean and maximum runoff of Elbe River at gauge Neu-Darchau with 1971 – 2000 base period monthly means and 95%-band (climatology ± 1.96 standard deviations). Right: Seasonal cycle of monthly mean SSS at Helgoland Roads with monthly extremes, 1971 – 2000 base period monthly means and 95%-band (climatology ± 1.96 standard deviations).

(Abflussdaten/runoff data: courtesy of WSA-Lauenburg; Salzgehaltsdaten/salinity data: courtesy of K. Wiltshire, Biologische Anstalt Helgoland)

Literatur

Franke, H.-D., F. Buchholz, K. H. Wiltshire, Ecological long-term research at Helgoland (German Bight, North Sea): retrospect and prospect – an introduction, Helgol. Mar. Res., 58, 223-229, 2004.

Loewe, P., H. Klein, S. Weigelt (Eds.), System Nordsee – 2006 & 2007: Zustand und Entwicklungen, Berichte des BSH, Nr. 49, 308pp, BSH, Hamburg und Rostock, 2013.
www.bsh.de/de/Produkte/Buecher/Berichte_/Bericht49/index.jsp

PANGAEA, Data Publisher for Earth and Environmental Science, 2012. www.pangaea.de

Wiltshire, K. H. und B. F. J. Manly, The warming trend at Helgoland Roads, North Sea: phytoplankton response, Helgol. Mar. Res., 58, 269-273, 2004.

Weitere Informationen zu diesem Thema finden sich unter:

http://www.bsh.de/de/Meeresdaten/Beobachtungen/Meerestemperaturen_und_Waermehalte/index.jsp

Bei Fragen oder Datenanforderungen wenden Sie sich bitte an Holger Klein, Telefon 040 3190 – 3220; holger.klein@bsh.de

Stand: 06.04.2018, Datei: 3-7-Salzgehalt-2016&2017.docx