

| | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| 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 |
| 155122 | 155122 | 155122 | 155122 | 155122 |



3.7 Salzgehalt 2018 & 2019

<•> H. Klein, M. Köllner & K. Latarius • • • • •

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 wird die beobachtete geographische Verteilung des Salzgehalts in den Sommern 2018 und 2019, sowie der Jahrgang des Süßwasserabflusses 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 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 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 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 2018 drang das von Norden einströmende Atlantische Wasser (AW) mit Salzgehalten ≥ 35 psu an der Oberfläche durch den Fair Isle Kanal und über den Ost-Shetland Schelf in einer relativ schmalen Zunge bis kurz vor den 58. Breitengrad vor (Abb. 1a und 2). Bei 56°N lag eine Säule atlantischen Wassers, die von der Oberfläche bis zum Boden reichte (Abb. 3a). In der Bodenschicht drang das AW auf breiter Front bis 56°N vor, zeigte aber bei 58°N , 001°E ein lokales Minimum mit Werten < 35 psu. Die großräumige Verteilung der Salzgehalts-Anomalien (Abb. 1a, unten) zeigt sowohl an der Oberfläche als auch am Boden nur geringe Abweichung von der Referenzperiode. Lediglich im Bereich der Elbmündung und an der nordfriesischen Küste treten kleinräumige positive Anomalien bis zu $+3$ psu auf. Diese beruhen auf den geringen Flusseinträgen infolge der seit Anfang Mai anhaltenden Trockenheit ohne nennenswerte Niederschläge im Norden Europas (siehe Abschnitt 3.7.3). Im Bereich des Einstroms durch den Kanal und die Straße von Dover wurde kein Atlantisches Wasser beobachtet. Der Gesamt-Salzinhalt der Nordsee lag im Sommer 2018 mit 1.102×10^{12} t geringfügig unter dem des Vorjahres und 1.7 Standardabweichungen unter dem Mittel der Referenzperiode (Abb. 5 und Tabelle 1).

Der oberflächennahe Einstrom von AW fand in 2019 zwischen 2°W und 2°E statt und drang bis etwa 57.5°N nach Süden vor (Abb. 1b und 2). Wie im Vorjahr, drang das AW in der Bodenschicht auf breiter Front bis 56°N vor. Ferner wurde eine schmale Zunge von AW vor dem östlichen Eingang zur Straße von Dover entdeckt. Die großräumige Salzgehaltsverteilung in der oberflächennahen Schicht zeigte leicht positive Anomalien im östlichen Teil der Nordsee mit lokalen Maxima in der Deutschen Bucht ($+1$ psu) und über der Norwegischen Rinne (bis $+2$ psu). Im westlichen Teil sind traten nur geringfügige negative Abweichungen von der Klimatologie auf. Auch in der Bodenschicht gab es nur geringe Abweichungen von der Klimatologie (± 0.5 psu), die südlich einer Linie von Lowestoft nach Kristiansand positiv und nördlich davon negativ waren. Im Sommer 2019 fiel der Gesamt-Salzinhalt der Nordsee mit 1.099×10^{12} t im Vergleich zum Vorjahr weiter ab und lag 1.9 Standardabweichungen unter dem Mittel der Referenzperiode (Abb. 5 und Tabelle 1).

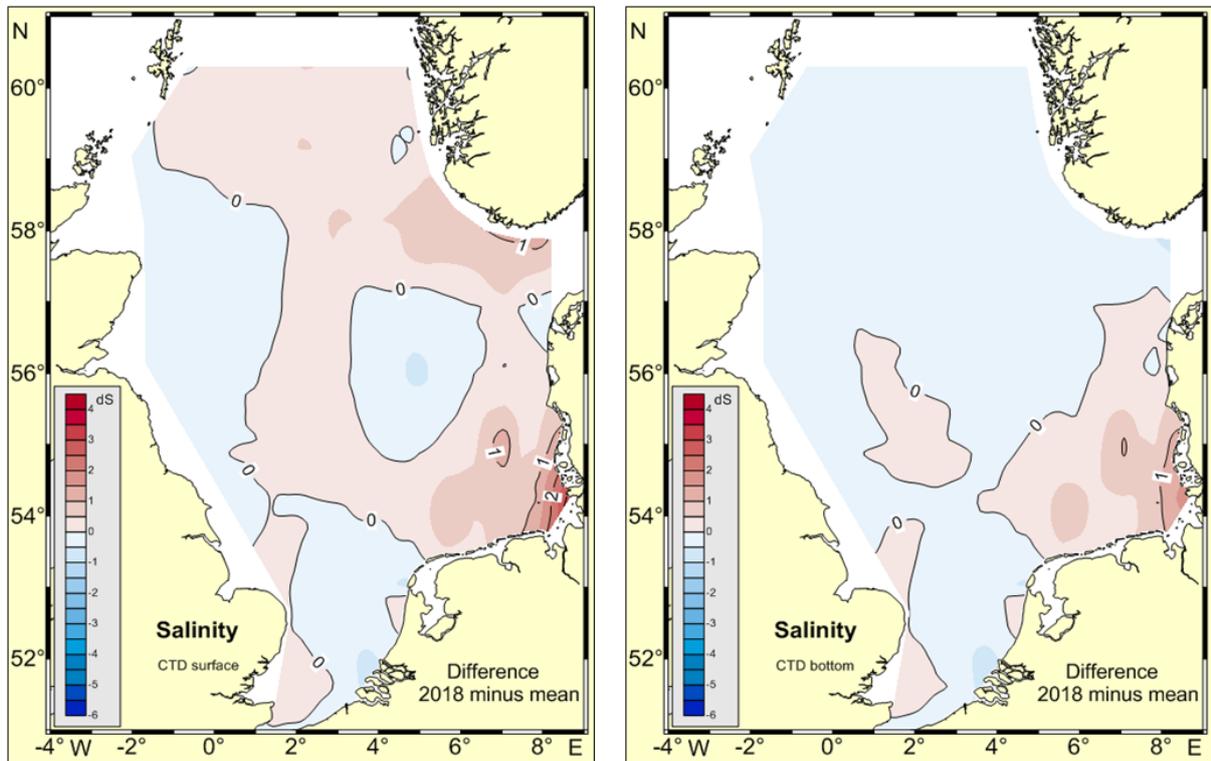
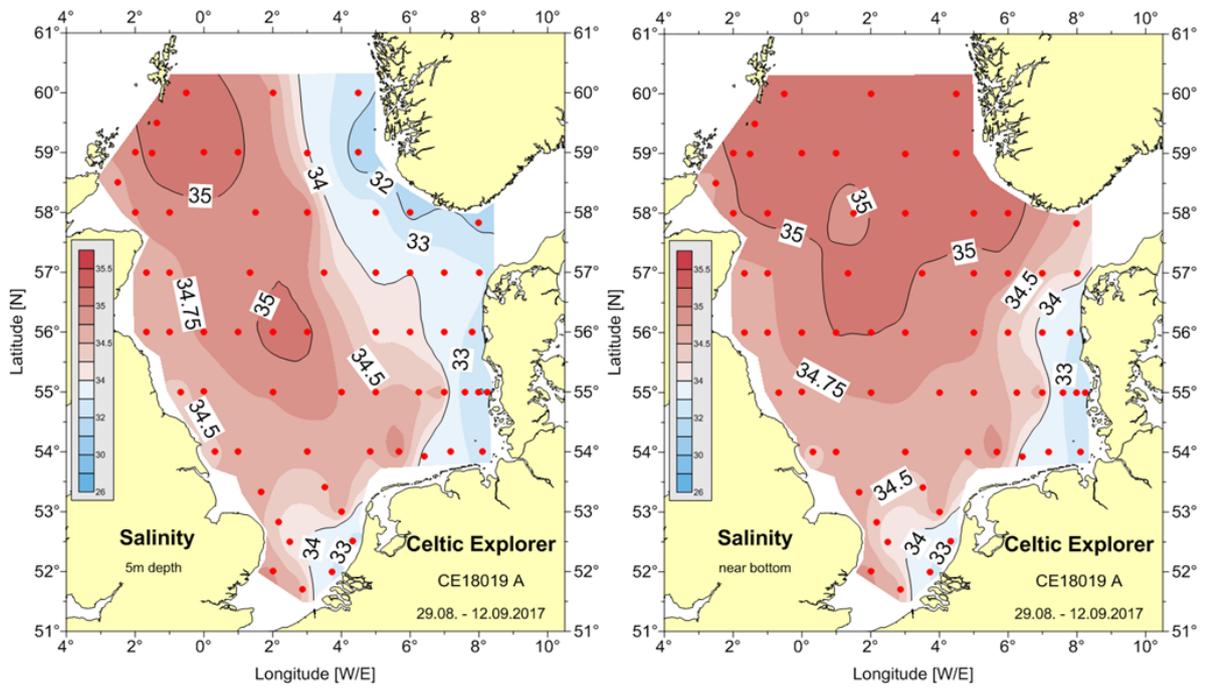


Abb. 1a: Salzgehaltsverteilung in Oberflächen- und Bodennähe im Sommer 2018 (oben) und die Anomalien bzgl. der Referenzperiode 2000–2010 (unten), FS Celtic Explorer 18019.

Fig. 1a: Near-surface and near-bottom salinity distributions during summer 2018 (top) and anomalies w.r.t. the reference period 2000–2010 (bottom), RV Celtic Explorer 18019.

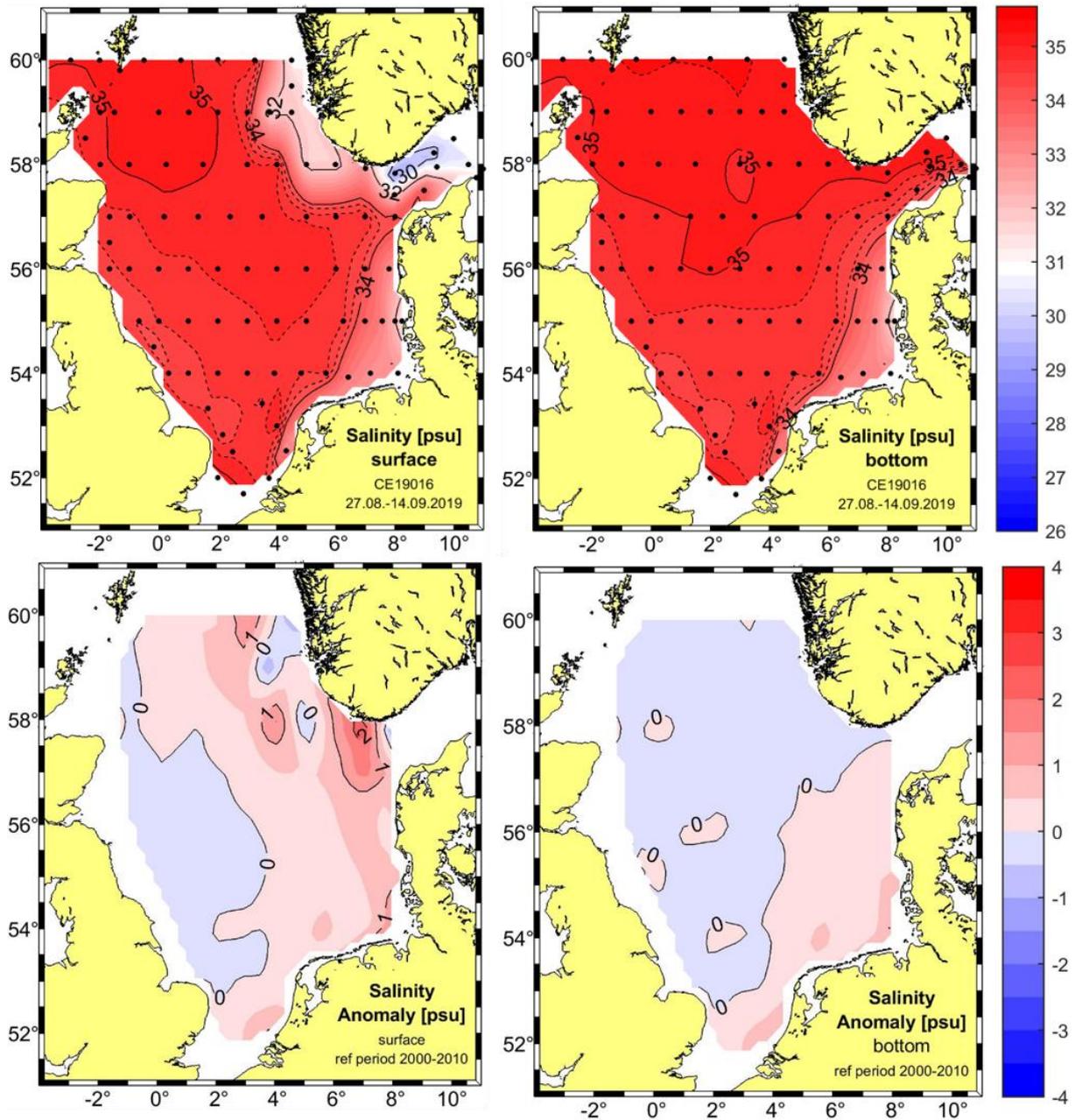


Abb. 1b: Salzgehaltsverteilung in Oberflächen- und Bodennähe im Sommer 2019 (oben) und die Anomalien bzgl. der Referenzperiode 2000-2010 (unten), FS Celtic Explorer 19016.

Fig. 1b: Near-surface and near-bottom salinity distributions during summer 2019 (top) and anomalies w.r.t. the reference period 2000-2010 (bottom), RV Celtic Explorer 19016.

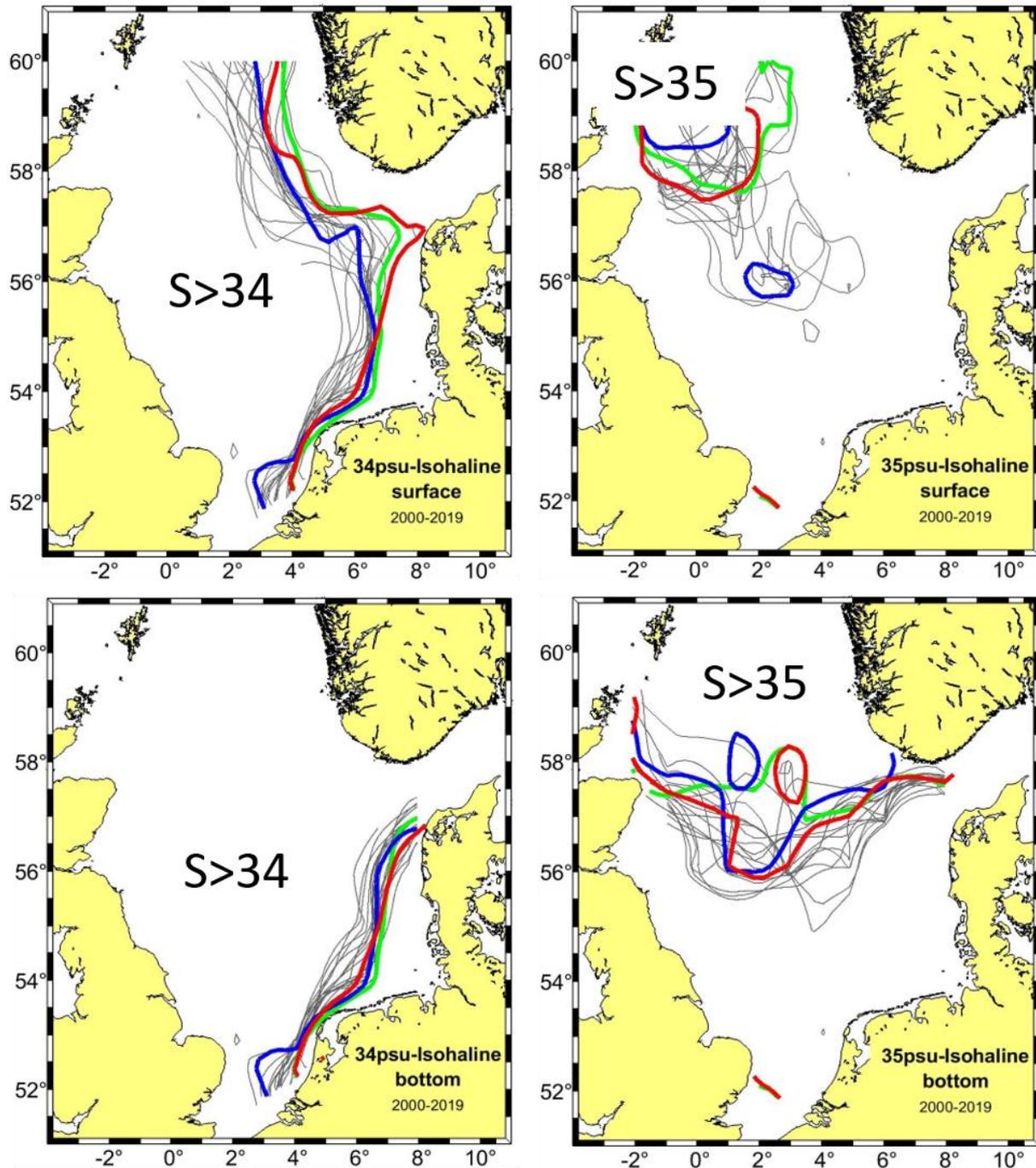


Abb. 2: Positionen der 34 (links) und 35 (rechts) psu Isohalinen 2000 – 2019 für die Oberflächen- (oben) und Bodenschicht (unten). Rot: 2019, blau: 2018, grün: 2017, grau: 2000-2016.

Fig. 2: Positions of the 34 (left) and 35 (right) psu isohalines 2000 – 2019. Top panel: surface layer, bottom panel: bottom layer. Red: 2019, blue: 2018, green: 2017, grey: 2000-2016.

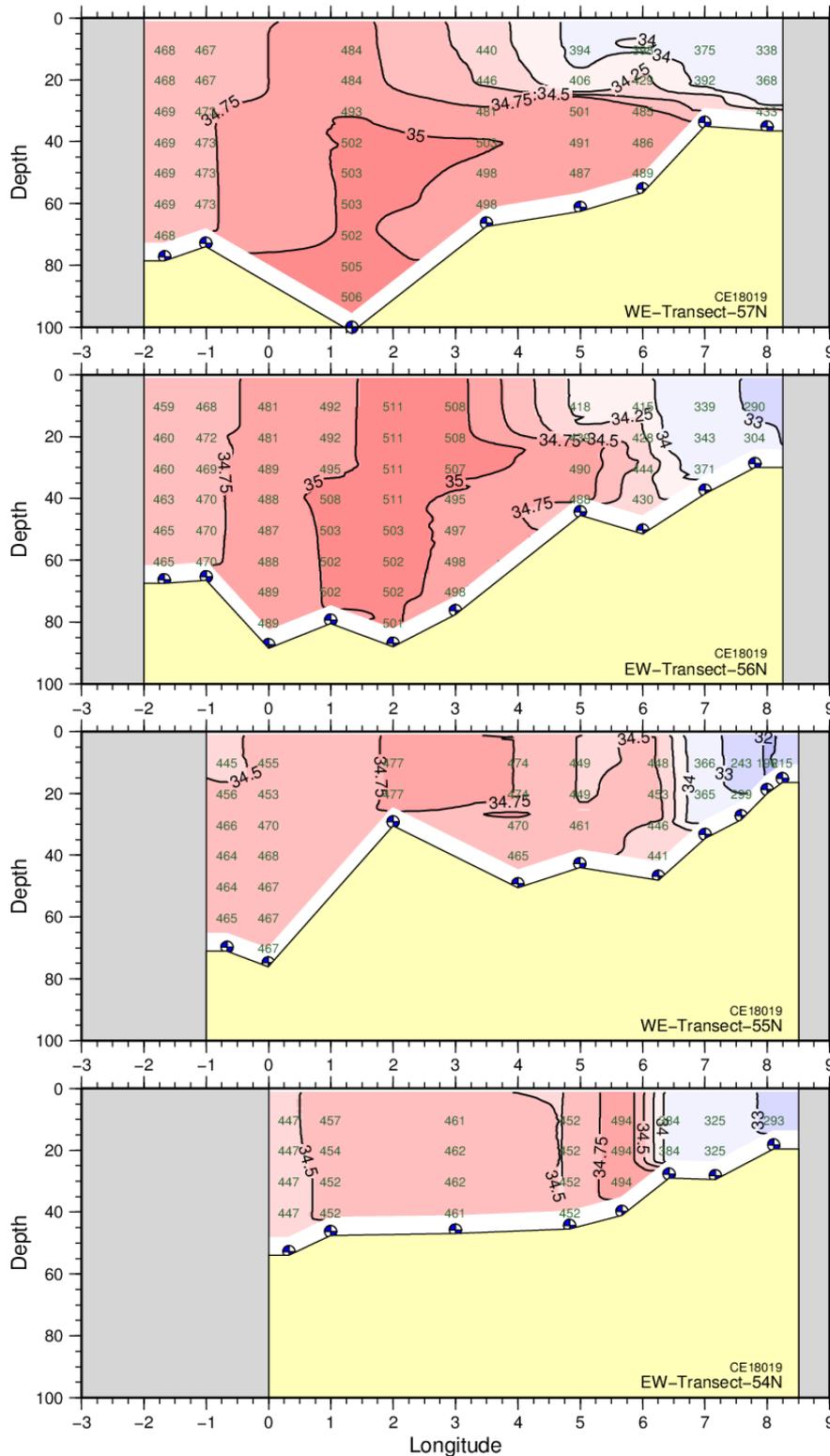


Abb. 3a: Vertikale Salzgehaltsverteilung auf dem 54°, 55°, 56° und 57°N Schnitt im Sommer 2018. CTD-Daten FS Celtic Explorer 18019. Die vertikalen Zahlenreihen zeigen den $(\text{Salzgehalt} \times 100) - 3000$ für ausgewählte Datenpunkte.

Fig. 3a: Vertical salinity distribution along the 54°, 55°, 56°, and 57°N sections in summer 2018 based on CTD data RV Celtic Explorer 18019. The vertical number columns in the section give $(\text{salinities} \times 100) - 3000$ for selected data points.

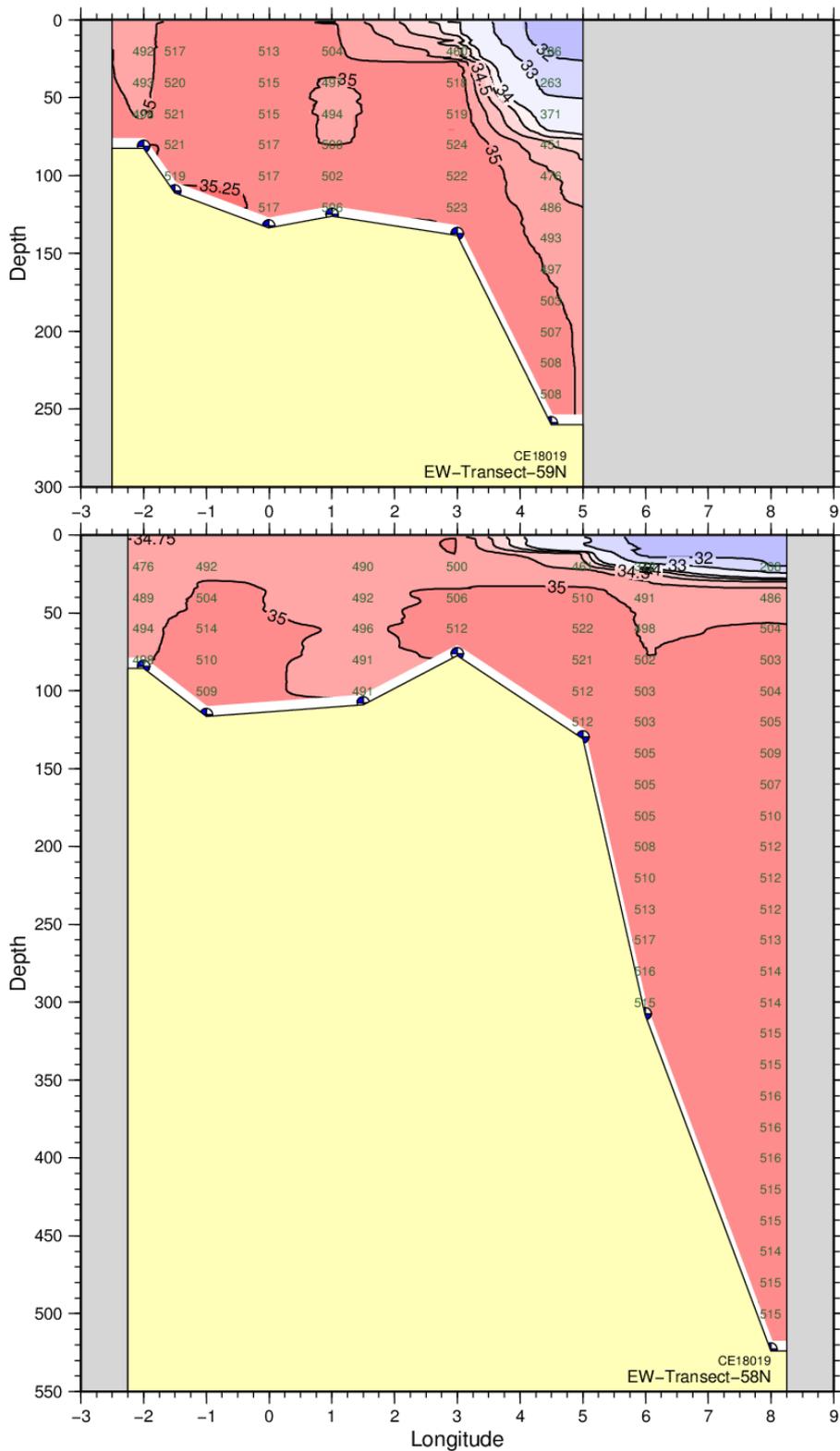


Abb. 3b: Vertikale Salzgehaltsverteilung auf dem 58° und 59°N Schnitt im Sommer 2018. CTD-Daten FS Celtic Explorer 18019. Die vertikalen Zahlenreihen zeigen den $(\text{Salzgehalt} \times 100) - 3000$ für ausgewählte Datenpunkte.

Fig. 3b: Vertical salinity distribution along the 58° and 59°N sections in summer 2018 basing on CTD data RV Celtic Explorer 18019. The vertical number columns in the section give $(\text{salinities} \times 100) - 3000$ for selected data points.

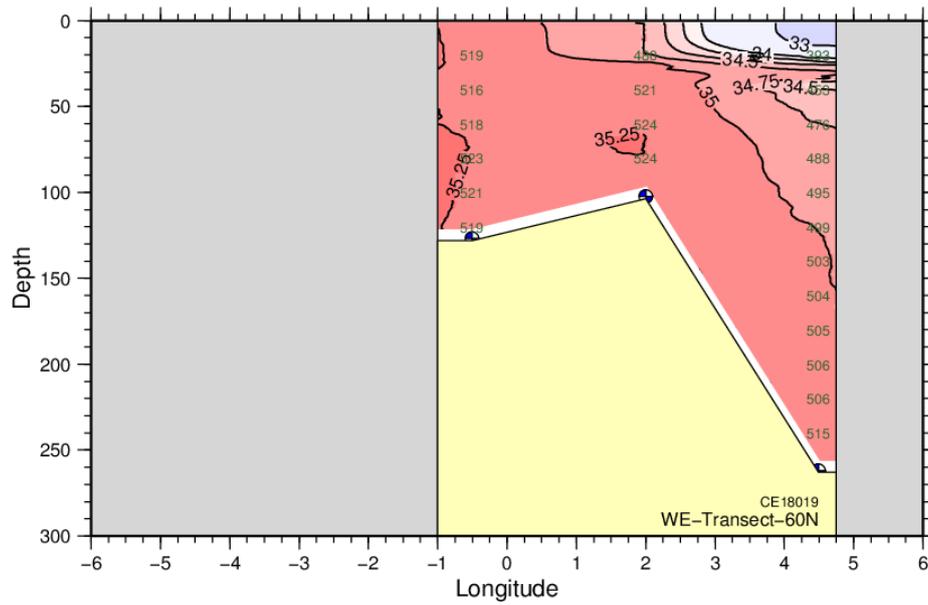


Abb. 3c: Vertikale Salzgehaltsverteilung auf dem 60° Schnitt im Sommer 2018. CTD-Daten FS Celtic Explorer 18019. Die vertikalen Zahlenreihen zeigen den $(\text{Salzgehalt} \times 100) - 3000$ für ausgewählte Datenpunkte.

Fig. 3c: Vertical salinity distribution along the 60°N sections in summer 2018 basing on CTD data RV Celtic Explorer 18019. The vertical number columns in the section give $(\text{salinities} \times 100) - 3000$ for selected data points.

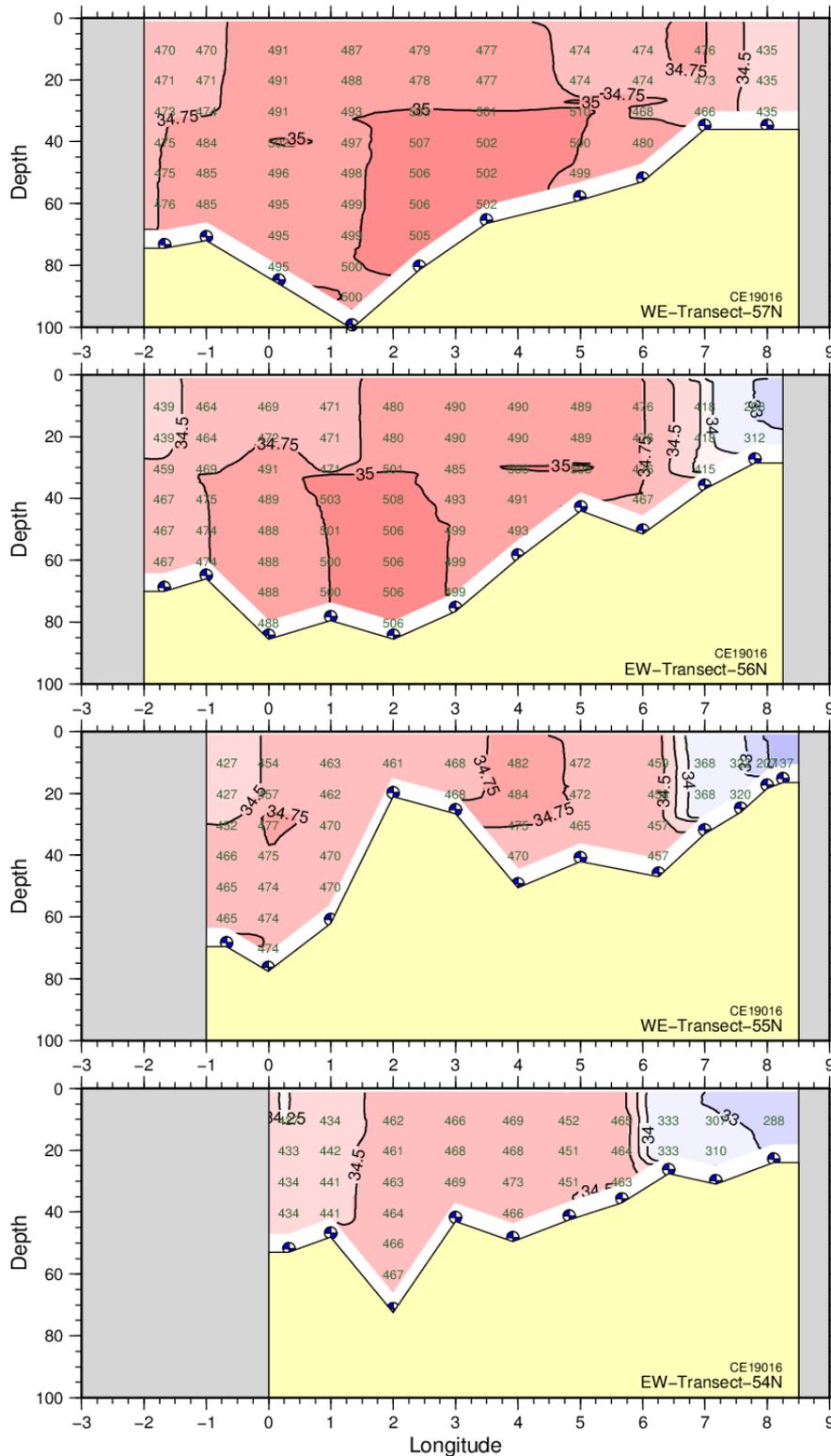


Abb. 4a: Vertikale Salzgehaltsverteilung auf dem 54°, 55°, 56° und 57°N Schnitt im Sommer 2019. CTD-Daten FS Celtic Explorer 19016. Die vertikalen Zahlenreihen zeigen den $(\text{Salzgehalt} \times 100) - 3000$ für ausgewählte Datenpunkte.

Fig. 4a: Vertical salinity distribution along the 54°, 55°, 56°, and 57°N sections in summer 2019 based on CTD data RV Celtic Explorer 19016. The vertical number columns in the section give $(\text{salinities} \times 100) - 3000$ for selected data points.

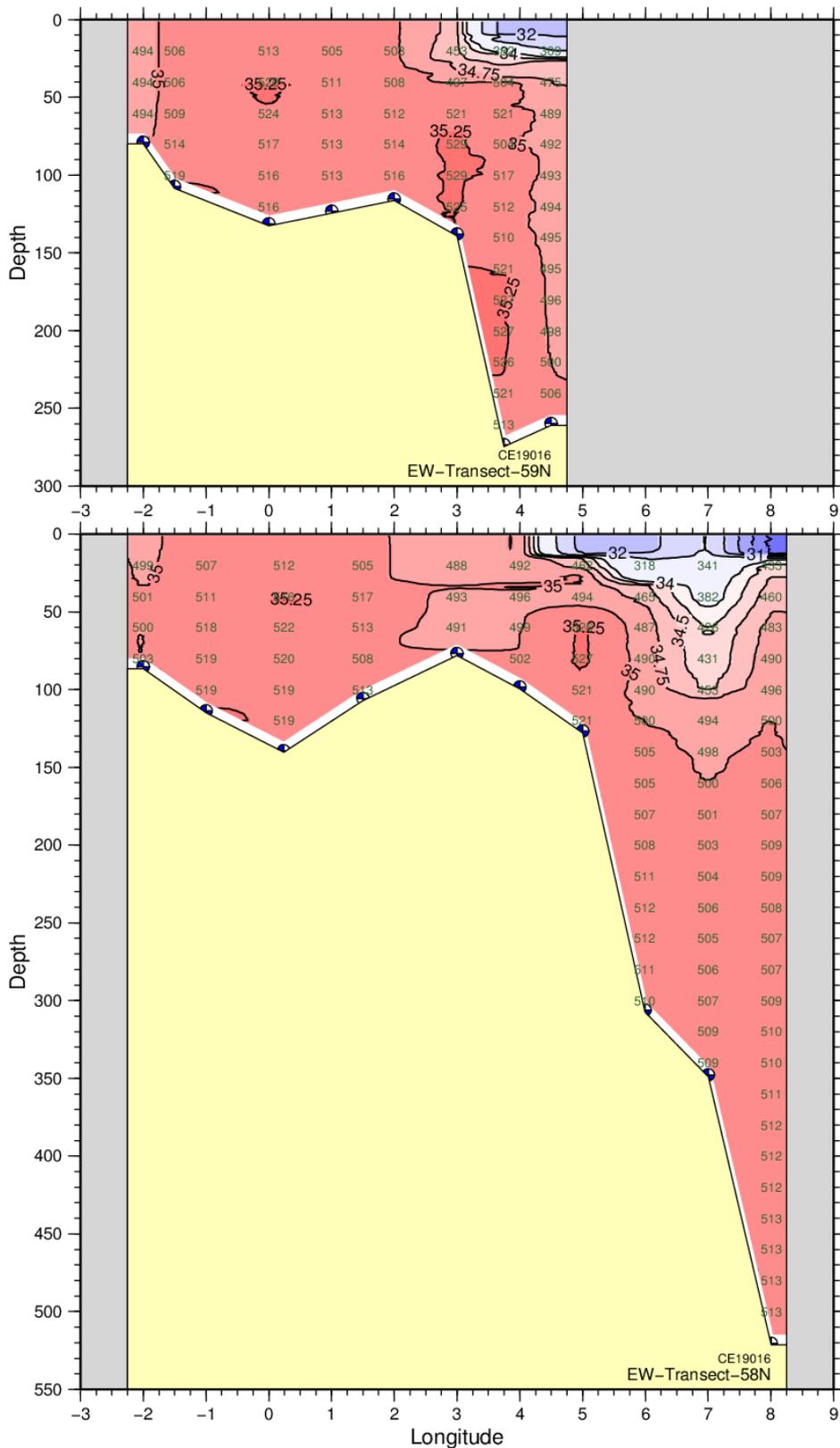


Abb. 4b: Vertikale Salzgehaltsverteilung auf dem 58° und 59°N Schnitt im Sommer 2019. CTD-Daten FS Celtic Explorer 19016. Die vertikalen Zahlenreihen zeigen den $(\text{Salzgehalt} \times 100) - 3000$ für ausgewählte Datenpunkte.

Fig. 4b: Vertical salinity distribution along the 58° and 59°N sections in summer 2019 basing on CTD data RV Celtic Explorer 19016. The vertical number columns in the section give $(\text{salinities} \times 100) - 3000$ for selected data points.

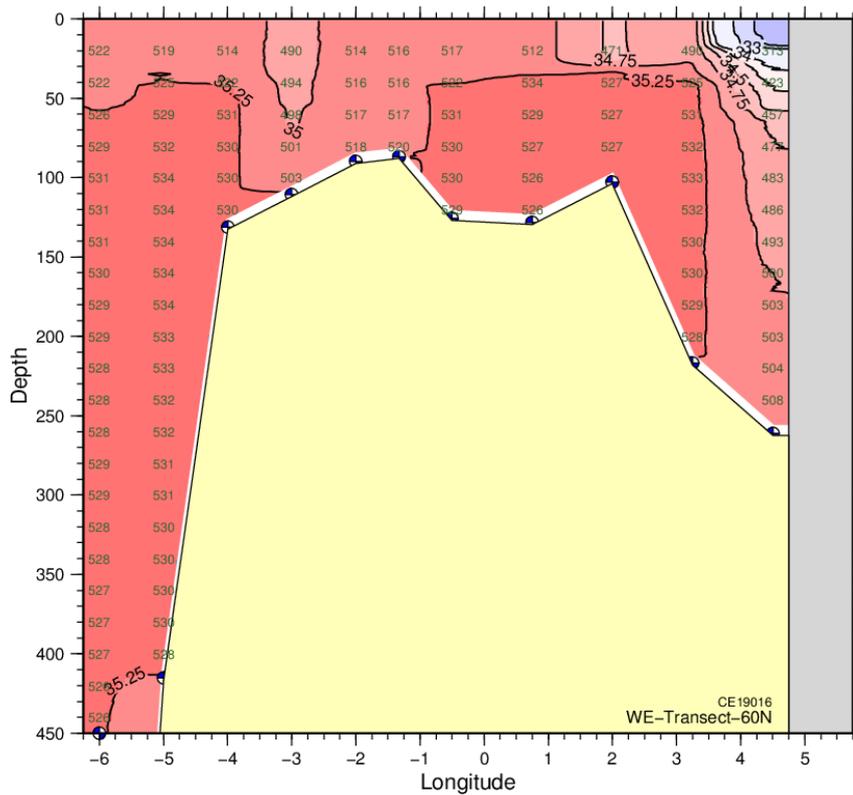


Abb. 4c: Vertikale Salzgehaltsverteilung auf dem 60° Schnitt im Sommer 2019. CTD-Daten FS Celtic Explorer 19016. Die vertikalen Zahlenreihen zeigen den (Salzgehalt × 100) – 3000 für ausgewählte Datenpunkte.

Fig. 4c: Vertical salinity distribution along the 60°N sections in summer 2019 basing on CTD data RV Celtic Explorer 19016. The vertical number columns in the section give (salinities × 100) - 3000 for selected data points.

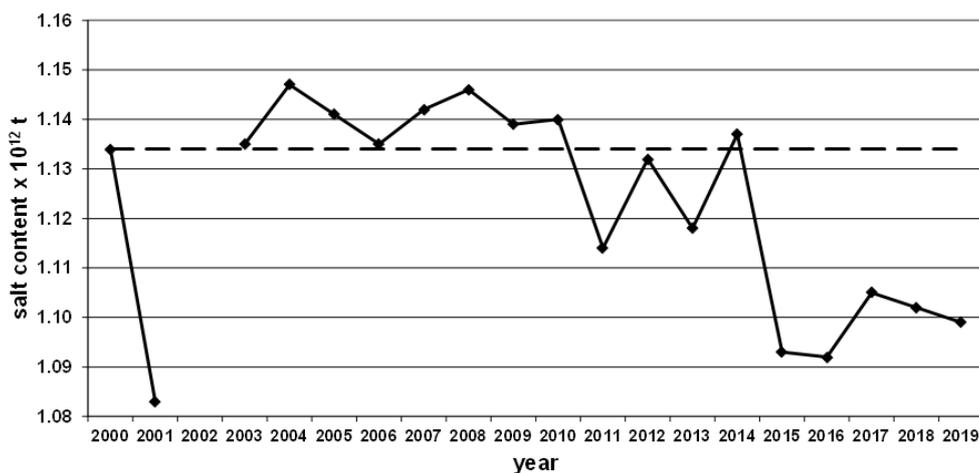


Abb. 5: Gesamt-Salzinhalt der Nordsee im Sommer in 10^{12} t von 2000 bis 2019 (ohne 2002). Gestrichelte Linie: Mittelwert der Referenzperiode 2000-2010 ($1.134 \pm 0.018 \times 10^{12}$ t) basierend auf den Daten der Sommeraufnahmen.

Fig. 5: Total salt content in 10^{12} t from 2000 to 2019 (without 2002). Broken line: Mean over reference period 2000-2010 ($1.134 \pm 0.018 \times 10^{12}$ 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 | -0.7 |
| 09.08.2000 - 23.08.2000 | 06.08.2000 | 1.134 | 0.0 |
| 11.07.2001 – 02.08.2001 | 27.07.2001 | 1.083 | -2.8 |
| 16.07.2002 - 31.07.2002 | 25.07.2002 | 1.131 | -0.2 |
| 28.07.2003 - 13.08.2003 | 04.08.2003 | 1.135 | <0.1 |
| 05.08.2004 - 20.08.2004 | 12.08.2004 | 1.147 | 0.7 |
| 10.08.2005 - 29.08.2005 | 20.08.2005 | 1.141 | 0.4 |
| 02.08.2006 - 20.08.2006 | 11.08.2006 | 1.135 | <0.1 |
| 03.08.2007 – 17.08.2007 | 10.08.2007 | 1.142 | 0.4 |
| 21.07.2008 – 05.08.2008 | 29.07.2008 | 1.146 | 0.6 |
| 20.08.2009 – 09.09.2009 | 29.08.2009 | 1.139 | 0.3 |
| 04.08.2010 – 24.08.2010 | 13.08.2010 | 1.140 | 0.3 |
| 08.08.2011 – 28.08.2011 | 17.08.2011 | 1.114 | -1.1 |
| 07.08.2012 – 26.08.2012 | 16.08.2012 | 1.132 | -0.1 |
| 10.08.2013 – 31.08.2013 | 21.08.2013 | 1.118 | -0.9 |
| 02.08.2014 – 21.08.2014 | 12.08.2014 | 1.137 | 0.1 |
| 08.08.2015 – 26.08.2015 | 18.08.2015 | 1.093 | -2.2 |
| 04.08.2016 – 23.08.2016 | 14.08.2016 | 1.092 | -2.3 |
| 12.08.2017 – 30.08.2017 | 20.08.2017 | 1.105 | -1.6 |
| 29.08.2018 – 10.09.2018 | 05.09.2018 | 1.102 | -1.7 |
| 27.08.2019 – 14.09.2019 | 04.09.2019 | 1.099 | -1.9 |
| 10 year average 2000-2010 (without 2002) ± standard deviation | | 1.134±0.018 | - |

Tabelle 1: Gesamt-Salzinhalt 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 vier vorangehenden Jahren lag die Gesamtabflussmengen in 2018 und 2019 mit 13.9, bzw. 12.7 km³/a deutlich unter dem Mittel der Referenzperiode 1971-2000 (Abb. 6), aber noch innerhalb des 95%-Bandes. Durch die langanhaltende Trockenheit über Nordeuropa lagen die Abflussmengen in 2018 und 2019 an jeweils 9 Monaten etwa eine Standardabweichung unter dem klimatologischen Mittel (Abb. 7). Infolge der negativen Korrelation zwischen dem Festlandsabfluss der Elbe und dem Salzgehalt bei Helgoland lag der Salzgehalt bei Helgoland in beiden Jahren weitgehend über dem langfristigen Mittelwert.

Die in Abb. 6 gemeinsam mit der Monatsklimatologie des Zeitraums 1971–2000 dargestellte jahreszeitliche Entwicklung des Oberflächensalzgehalts bei Helgoland Reede basiert 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 größere Lücken aufweisen können¹.

In 2019 wurden die Die Abflussdaten der Elbe im Rahmen des Projektes “W-Q-Elbe” rückwirkend für den Zeitraum 1890 bis 2006 kontrolliert und ggf. korrigiert. Hierdurch ergaben sich geringe Veränderungen bzgl. des Referenzzeitraums 1971 – 2000 in der Größenordnung von 3 bis 6 % für individuelle Monatsmittel.

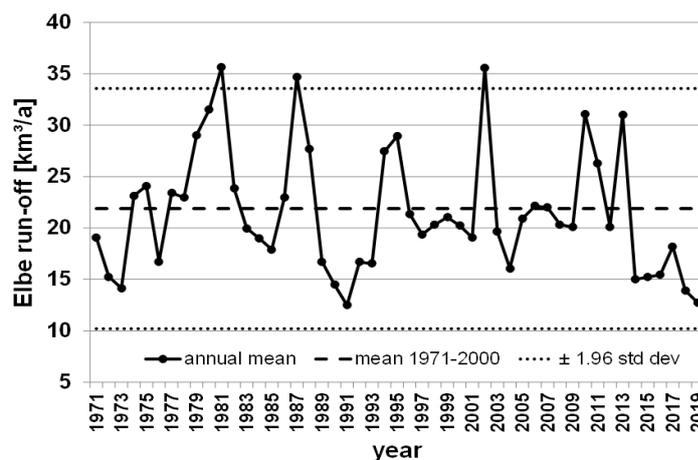


Abb. 6: Jahresabflussraten der Elbe 1970–2018 am Pegel Neu-Darchau mit Langzeitmittel (1971–2000) und 95%-Grenzen. 1 km³/a entspricht 31.7 m³/s. (Datenquelle: Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV), bereitgestellt durch die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG))

Fig. 6: Annual Elbe river runoff 1970–2018 at gauge Neu-Darchau with long-term mean (1981–2010) and 95%-limits. 1 km³/a is equivalent to 31.7 m³/s. (Data provider: Federal Waterways and Shipping Administration (WSV) provided by German Federal Institute of Hydrology (BfG))

1

https://www.bsh.de/DE/DATEN/Meeresumweltsmessnetz/_Module/Stationen_mit_Frame/debu_extern_node.html

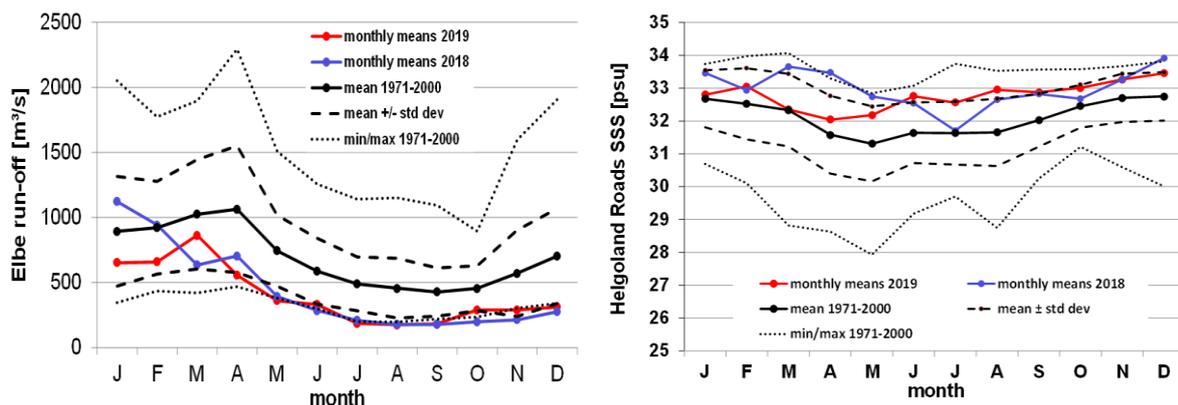


Abb. 7: Links: Monatsmittel der Abflussraten der Elbe am Pegel Neu-Darchau mit Klimatologie (1971 – 2000), Standardabweichung und Extrema. Rechts: Jahresgang des monatlich gemittelten Oberflächensalzgehalts bei Helgoland Reede mit Klimatologie (1971 – 2000), Standardabweichung und monatliche Extrema der Referenzperiode.

Fig. 7: Left: Monthly means of Elbe River runoff at gauge Neu-Darchau (red line) with 1971 – 2000 base period, standard deviation and extreme values. Right: Seasonal cycle of monthly SSS means at Helgoland Roads (red line) with 1971 – 2000 base period, standard deviation and monthly extreme values of reference period.

(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_Waermeinhalte/index.jsp

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