

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



## 3.7 Salzgehalt 2012 & 2013

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

### 3.7.1 Einführung

### 3.7.2 Salzgehaltsverteilungen und Gesamt-Salzinhalt der Nordsee im Sommer

### 3.7.3 Abfluss Elbe und Salzgehalt bei Helgoland Reede

Diskutiert werden die beobachteten geographischen Sommergebietungen des Salzgehalts für die Jahre 2012 und 2013, sowie die Jahrgänge der Süßwasserabflüsse der Elbe und des Salzgehalts bei Helgoland Reede. Zur Beschreibung der Methoden und Datengrundlage siehe Löwe 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 Salzgehaltsverteilungen und Gesamt-Salzinhalt der Nordsee im Sommer

#### 2012:

Im Vergleich zum Vorjahr hat sich der Salzgehalt in der südlichen Nordsee leicht erhöht. Die Anomalien bzgl. der RP liegen in der Oberflächen- und Bodenschicht unterhalb von  $\pm 0.5$  psu, nur entlang der norwegischen, dänischen und nordfriesischen Küste überschreiten sie an der Oberfläche  $-1$  psu (Abb. 1). An der Oberfläche ist das Gebiet des von Norden einströmenden Atlantischen Wassers ( $>35$  psu) deutlich kleiner als in den beiden vorangehenden Jahren. Die Ausdehnung des küstenparallelen Streifens mit Küstenwasser  $<34$  psu entspricht in etwa dem Vorjahr. Die Positionen der 34er- und 35er-Isohalinen entsprechen den mittleren Verhältnissen der letzten 15 Jahre (Abb. 3).

Auch die vertikalen Salzgehaltsschnitte in Abb. 2 weisen in der westlichen und südlichen Nordsee nur moderate Abweichungen von der RP auf. Wie schon in 2011 fehlt auf dem  $58^\circ$  N-Schnitt eine deutliche Vertiefung der salzärmeren Oberflächenschicht über der Norwegischen Rinne, hier erreichte der Baltische Ausstrom in den vorangehenden Jahren eine vertikale Ausdehnung bis in 60 m Tiefe.

Im Vergleich zu 2011 stieg der Gesamt-Salzinhalt der Nordsee in 2012 auf  $1.132 \times 10^{12}$  t, dieser Wert liegt 0.12 Standardabweichungen unter dem Mittel RP (siehe Abb. 6 und Tabelle 1).

#### 2013:

In 2013 zeigt die oberflächennahe Salzgehaltsverteilung (Abb. 4) eine positive Anomalie  $>1$  psu in der nordöstlichen Nordsee und ein Gebiet negativer Anomalien  $<-1$  psu in der südöstlichen Nordsee entlang der niederländischen, deutschen und dänischen Küste. Diese negative Anomalie zeigt sich auch in der Bodenschicht und hat ihre Ursache in den signifikant erhöhten Frischwassereinträgen der Flüsse infolge langanhaltender starker Niederschläge über Nord- und Mitteleuropa. Die restlichen Gebiete zeigen in der Bodenschicht hingegen nur geringe Abweichungen von der RP.

Die Vertikalprofile in Abb. 5 zeigen eine schmale Zunge atlantischen Wassers  $>35$  psu, die sich von Norden her bis  $56^\circ$  N in die zentrale Nordsee schiebt.

Im Vergleich zu 2012 verringerte sich der Gesamt-Salzinhalt der Nordsee auf  $1.118 \times 10^{12}$  t und lag knapp eine Standardabweichung unter dem Mittel der RP (siehe Abb. 6 und Tabelle 1).

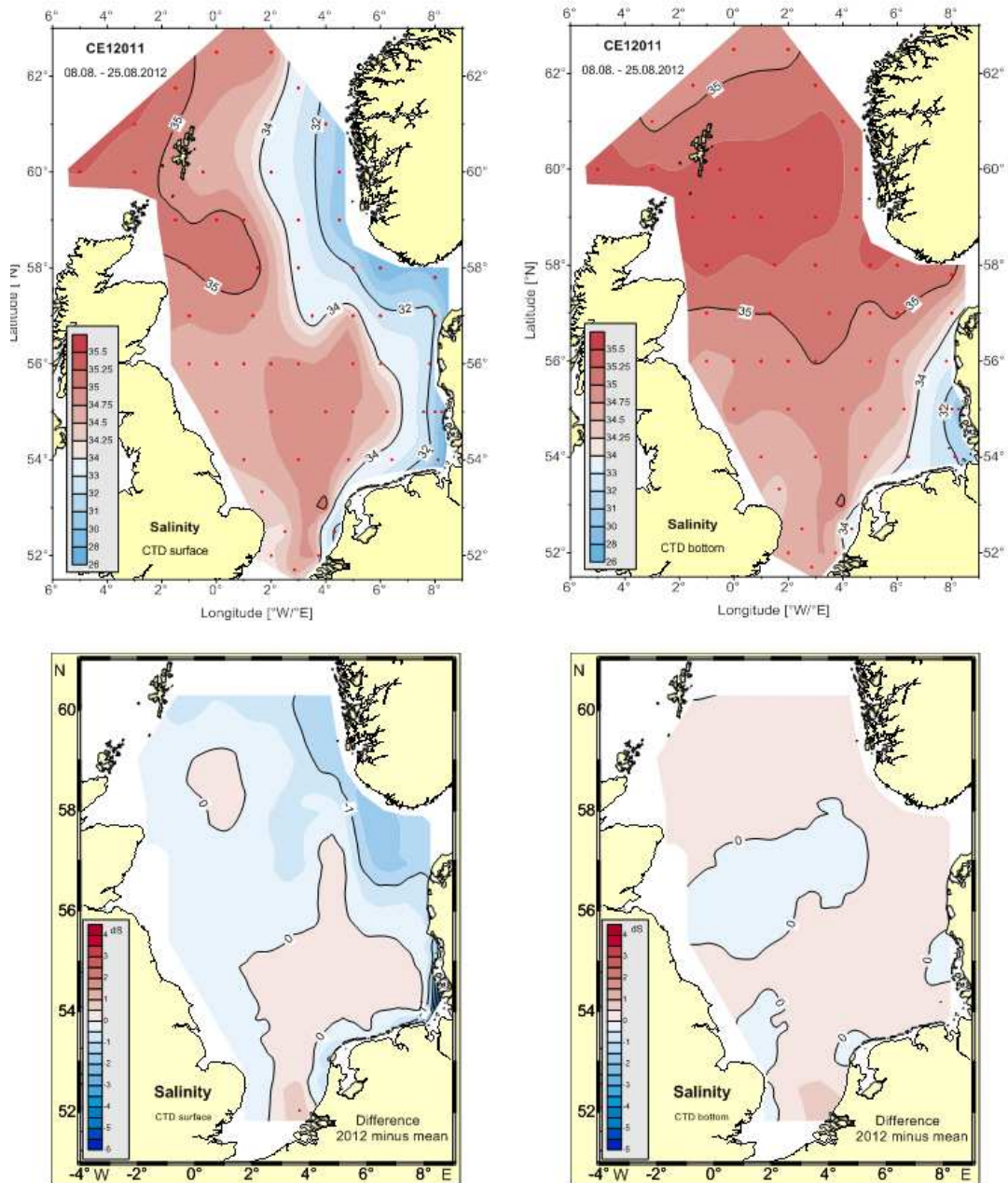


Abb. 1: Salzgehaltsverteilung in Oberflächen- und Bodennähe im Sommer 2012 (oben) und die Anomalien bzgl. der Referenzperiode 2000-2010 (unten, FS Celtic Explorer 12011a).

Fig. 1: Near-surface and -bottom salinity distributions during summer 2012 (top) and anomalies w.r.t. the reference period 2000-2010 (bottom, FS Celtic Explorer 12011a).

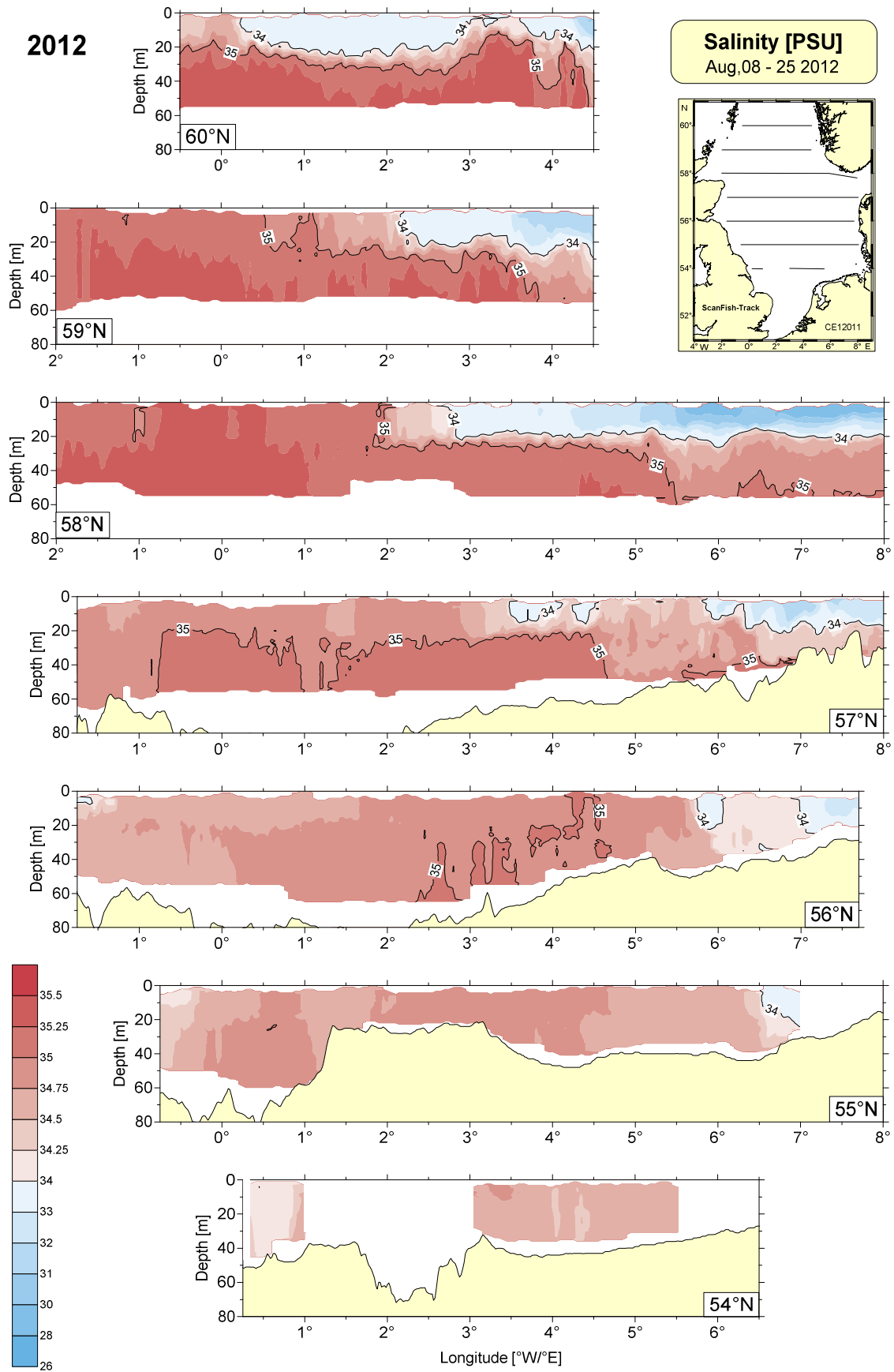


Abb. 2: Salzgehaltsschichtung im Sommer 2012 (FS Celtic Explorer 12011a).

Fig. 2: Salinity stratification in summer 2012 (RV Celtic Explorer 12011a).

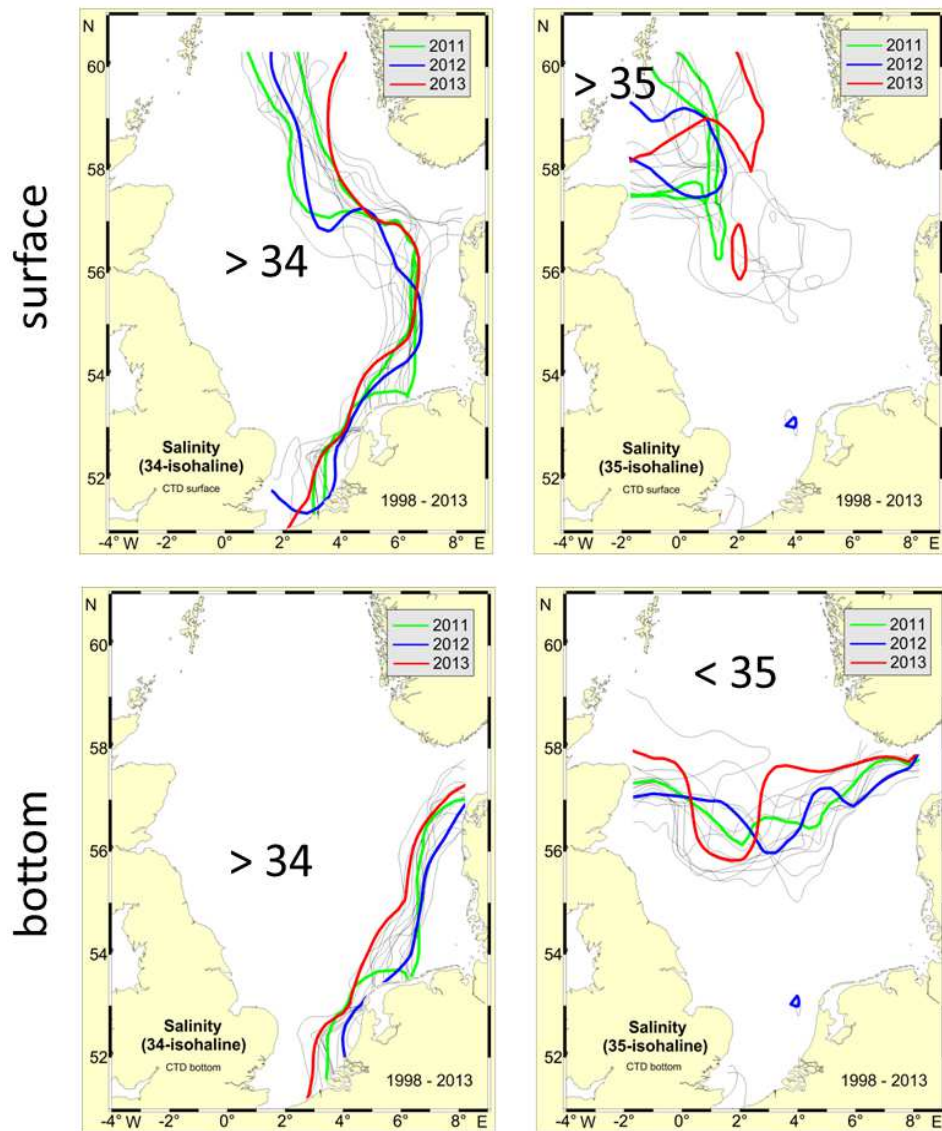


Abb. 3 Position der 34er (links) und 35 (rechts) Isohalinen 1998 – 2013 für die Oberflächen- (oben) und Bodenschicht (unten). Rot: 2013, blau: 2012, grün: 2011, grau: 1998-2010.

Fig. 3: Position of the 34 (left) and 35 (right) isohalines 1998 – 2013. Top panel: surface layer, bottom panel: bottom layer. Red: 2013, blue: 2012, green: 2011, grey: 1998-2010.

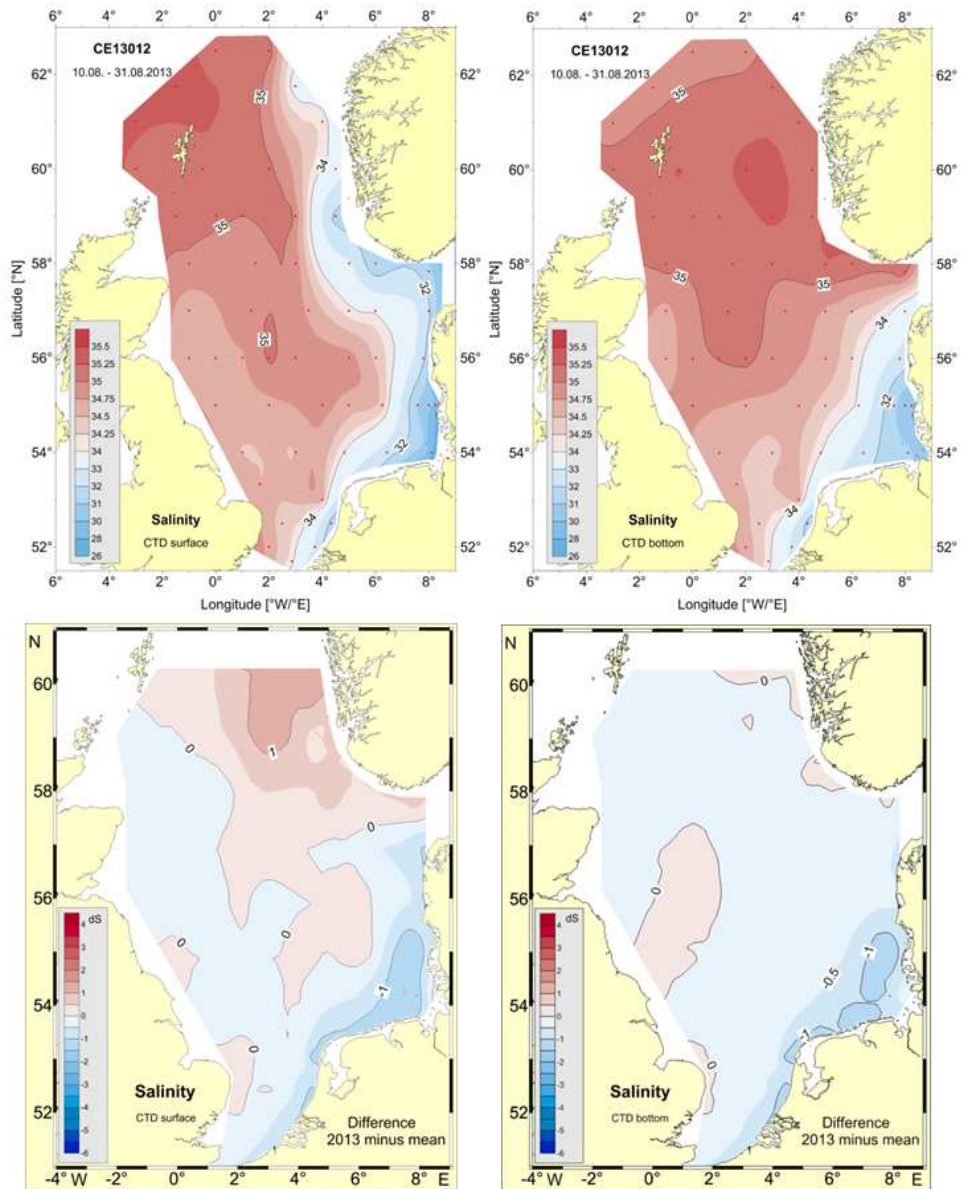


Abb. 4: Salzgehaltsverteilung in Oberflächen- und Bodennähe im Sommer 2013 (oben) und die Anomalien bzgl. der Referenzperiode 2000-2010 (unten, FS Celtic Explorer 13012a).

Fig. 4: Near-surface and -bottom salinity distributions during summer 2013 (top) and anomalies w.r.t. the reference period 2000-2010 (bottom, FS Celtic Explorer 13012a).

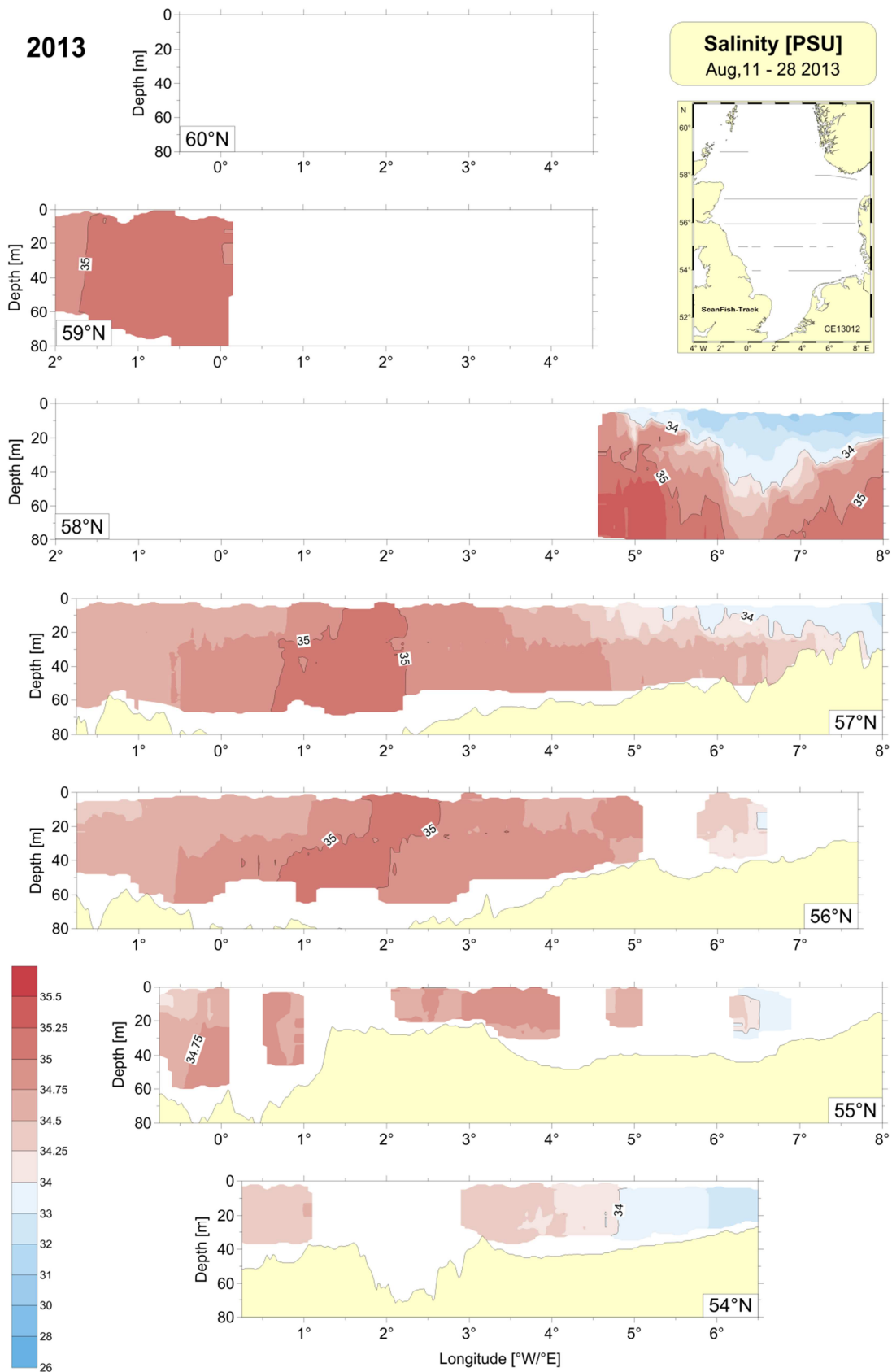


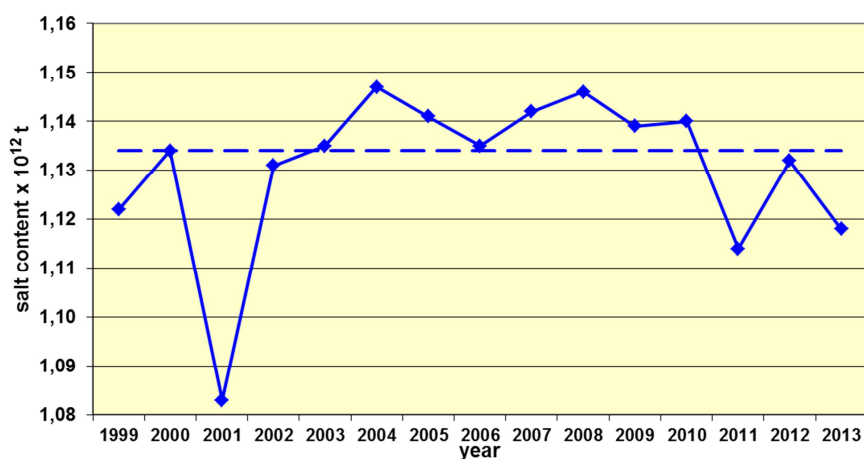
Abb. 5: Salzgehaltsschichtung im Sommer 2013 (FS Celtic Explorer 13012a).

Fig. 5: Salinity stratification in summer 2013 (RV Celtic Explorer 13012a).

| date of cruise   | mid-term of survey | TSC [ $\times 10^{12}$ t] | $\Delta S$ [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                |
| 10 year average 2000-2010 (without 2002)<br>$\pm$ standard deviation |                    | 1.134 $\pm$ 0.018         | -                    |

*Tabelle 1: Gesamt-Salzinhalt der Nordsee TSC, basierend auf den Daten der Nordsee-Sommernaufnahmen des BSH.  $\Delta S$  = Normierte Anomalie (Differenz zur Referenzperiode in Standardabweichungen).*

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



*Abb. 6: Gesamt-Salzinhalt der Nordsee im Sommer in  $10^{12}$  t 1999 bis 2013. Gestrichelte Linie: Mittelwert der Referenzperiode 2000-2010 ( $1.134\pm 0.018 \times 10^{12}$  t) basierend auf den Daten der Sommernaufnahmen.*

*Fig. 6: Total salt content in  $10^{12}$  t from 1999 to 2013. Broken line: Mean of reference period 2000-2010 ( $1.134\pm 0.018 \times 10^{12}$  t) based on summer cruise data.*



### 3.7.3 Abfluss Elbe und Salzgehalt bei Helgoland Reede

Die Gesamtabflussmenge in 2012 lag mit etwa 20 km<sup>3</sup>/a leicht unter dem Mittel der Referenzperiode 1971-2000 (Abb. 7). Durch verstärkte Niederschläge und saisonalen Schmelzwasserabfluss im Winter 2011/2012 lag der Elbeabfluss im Januar und März leicht über dem langjährigen Mittel. Ab April lagen die Monatsmittel kontinuierlich leicht unter der Klimatologie (Abb. 8).

Im Frühsommer 2013 erzeugten starke Regenfälle über Nordeuropa extrem hohe Abflussmengen und ein starkes Elbehochwasser im Juni. Dieses Ereignis wirkte sich auch auf die Jahressumme des Abflusses aus, die aber mit etwa 33km<sup>3</sup>/a noch im 95%-Band der Referenzperiode lag.

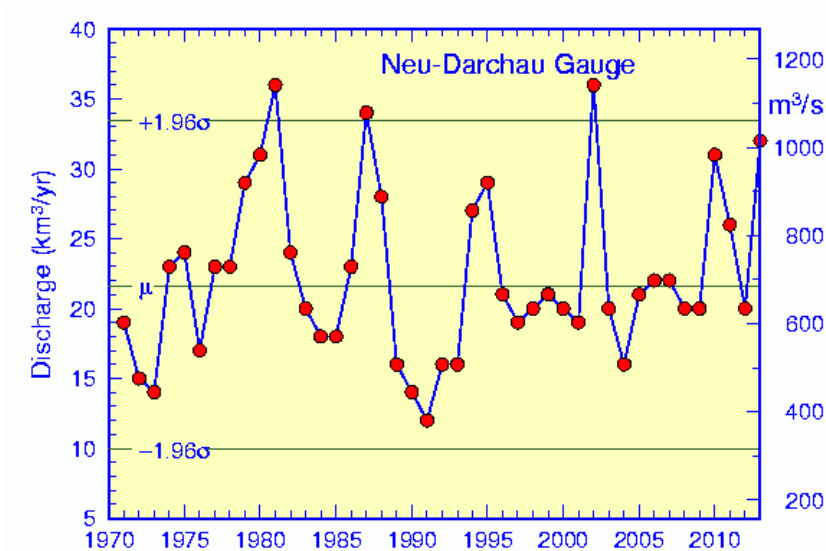


Abb. 7: Jahresabflussraten der Elbe 1970–2013 am Wehr Neu-Darchau mit Langzeitmittel (1971–2000) und 95%-Grenzen. 1 km<sup>3</sup>/a entspricht 31.7 m<sup>3</sup>/s. (Rohdaten: WSA-Lauenburg.)

Fig. 7: Annual runoff 1970–2013 of Elbe River at Neu-Darchau weir with long-term mean (1971–2000) and 95%-limits. 1 km<sup>3</sup>/a is equivalent to 31.7 m<sup>3</sup>/s. (Raw data courtesy WSA-Lauenburg.)

Die in Abb. 8 gemeinsam mit der Monatsklimatologie des Zeitraums 1971–2000 dargestellten jahreszeitlichen Entwicklungen des Oberflächensalzgehalts bei Helgoland Reede basieren auf werktäglichen Messungen, 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. In 2012 lagen sowohl die monatlichen Elbeabflüsse als auch der Salzgehalt bei Helgoland im Rahmen der natürlichen Schwankungen.

Das deutlichste Signal in 2013 liefert das starke Elbehochwasser im Frühsommer, bedingt durch andauernde Starkniederschläge über Nord- und Mitteleuropa. Die signifikant erhöhten Abflussmengen im Juni und Juli bewirken deutlich verringerte Salzgehalte bei Helgoland.

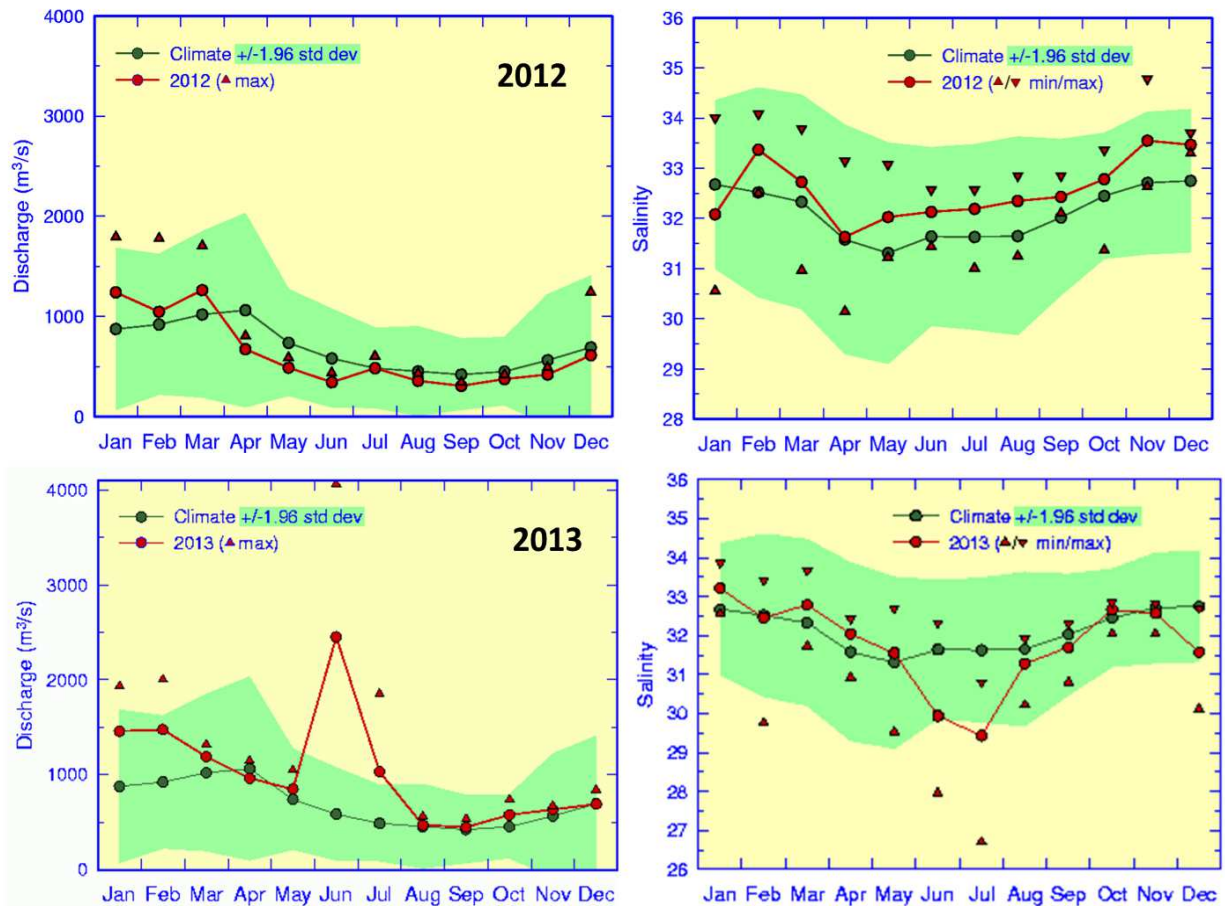


Abb. 8: Links: Monatsmittel und maximale Abflussraten der Elbe am Wehr Neu-Darchau mit Klimatologie (1971 – 2000) und 95%-Band (Klima  $\pm 1.96$  Standardabweichungen). Rechts: Jahresgang des monatlich gemittelten Oberflächensalzgehalts und monatliche Extrema bei Helgoland Reede mit Klimatologie (1971 – 2000) und 95%-Band (Klima  $\pm 1.96$  Standardabweichungen).

Fig. 8: Left: Monthly mean and maximum runoff of Elbe River at the weir Neu-Darchau with 1971 – 2000 base period monthly means and 95%-band (climatology  $\pm 1.96$  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  $\pm 1.96$  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.

Janssen F., C. Schrum and J.O. Backhaus, A Climatological Data Set of Temperature and Salinity for the Baltic Sea and the North Sea, German Journal of Hydrography, Supplement 9, 245pp, 1999.

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](http://www.bsh.de/de/Produkte/Buecher/Berichte_/Bericht49/index.jsp)

PANGAEA, Data Publisher for Earth and Environmental Science, 2012. [www.pangaea.de](http://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 Sie unter:

[http://www.bsh.de/de/Meeresdaten/Beobachtungen/Meerestemperaturen\\_und\\_Waermeinhalte/index.jsp](http://www.bsh.de/de/Meeresdaten/Beobachtungen/Meerestemperaturen_und_Waermeinhalte/index.jsp)

Wenn Sie noch Fragen oder Datenanforderungen haben, wenden Sie sich bitte an Holger Klein, Telefon 040 3190 – 3220; [holger.klein@bsh.de](mailto:holger.klein@bsh.de)

Stand: 05.09.2016, Datei: Salzgehalt-2012&2013.docx