

4.2.3 Nährstoffe 2012-2015

<·> Sieglinde Weigelt-Krenz

Das BSH Laboratorium Sülldorf führt seit den 1980er Jahren regelmäßig in den Wintermonaten Januar oder Februar Nährstoffüberwachungen in der Deutschen Bucht durch. Zu dieser Zeit erreichen die Nährstoffkonzentrationen aufgrund geringer biologischer Aktivität und weit fortgeschrittener Remineralisierung saisonale Maxima, die u.a. im Rahmen von OSPAR (Oslo Paris Kommission) und der MSRL (Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie) für überregionale Vergleiche und Trendbetrachtungen verwendet werden.

4.2.3.1 Informationsbox - Nährstoffe

Nährsalze wie Phosphat und anorganische Stickstoffverbindungen (Nitrat, Nitrit, Ammonium) sowie Silikat sind lebensnotwendige Substanzen für den Aufbau des Phytoplanktons (der im Meer treibenden mikroskopisch kleinen einzelligen Algen), auf dessen Biomasseproduktion die gesamte marine Nahrungskette basiert. Eiweißstoffe enthalten gebundenen Stickstoff, Nucleinsäuren enthalten zusätzlich gebundenen Phosphor, und Kieselalgen benötigen Silikat als Gerüstsubstanz. Da diese Spurenstoffe das Wachstum fördern, werden sie als Nährsalze bezeichnet. Zu den **Nährstoffen** zählen neben den Nährsalzen auch die partikulären anorganischen und organischen Stickstoff- oder Phosphorverbindungen.

Kohlenstoff wird in Form von CO_2 , HCO_3^- oder (ausnahmsweise) CO_3^{2-} benötigt. Da CO_2 im Oberflächenwasser in hoher Konzentration vorliegt, wirkt Kohlenstoff kaum begrenzend. Das Carbonatsystem liefert stets die jeweils benötigte Form.

Stickstoff wird für die Synthese von Aminosäuren und Nucleinsäuren in der Form von Nitrat (NO_3^-), Nitrit (NO_2^-), Ammonium (NH_4^+) oder auch als organische Verbindungen aufgenommen. So werden Harnstoff und Aminosäuren als bevorzugte Stickstoffquelle genutzt. Viele Bakterien können molekularen Stickstoff fixieren.

Ammonium wird wegen seiner reduzierten Form zumeist bevorzugt aufgenommen, während **Nitrat** energetisch aufwendig durch das Enzym Nitratreduktase reduziert werden muss, bevor der Stickstoff in die Biosynthese eingeschleust wird.

Phosphor wird meistens als Orthophosphat (PO_4^{3-}) aufgenommen. Viele Algen können bei ausreichender Stickstoffversorgung auch Polyphosphate oder organische Phosphorverbindungen verwenden, die mit Hilfe von Phosphatasen an der Zelloberfläche hydrolysiert werden (OTT 1996).

Silikat ist eine Verbindung von Silizium und Sauerstoff (SiO₂), einem oder mehreren Metallen und eventuell auch Hydroxid-Ionen. Mit Silikat bezeichnet man auch die Salze des Siliziums und der Kieselsäuren. Ein Mangel an Silikat im Meerwasser verhindert das Wachstum bestimmter Phytoplanktonarten, wie Kieselalgen bzw. Diatomeen, die Silikate zur Ausbildung ihrer Schalen benötigen. Phytoplankton enthält die Elemente C, N und P in einem mittleren Atomverhältnis von 106:16:1. Dies wird als **Redfield-Verhältnis** bezeichnet (REDFIELD 1934). Abweichungen im N:P Verhältnis deuten zusammen mit minimalen Konzentrationen des jeweiligen Nährsalzes auf Produktionsbegrenzung durch das jeweils im Minimum befindliche Element hin (Nährstofflimitierung). Außerdem können veränderte N:P-Verhältnisse zu Verschiebungen in der Phytoplanktonpopulation und eventuell auch zu erhöhter Toxizität bei einigen Algen führen.

4.2.3.2 Nährstoffverteilungen – Deutsche Bucht

DIN/TN: In Abbildung 1 bis 4 werden die Verteilungsmuster von DIN (gelöster anorganischer Stickstoff) bzw. TN (Gesamt-Stickstoff) im Oberflächenwasser der Deutschen Bucht während der Winter-Monitoringfahrten 2012-2015 dargestellt. Die Ergebnisse sind repräsentativ für die gesamte Wassersäule, da durch Winterstürme das Seewasser gut durchmischt ist. Die Konzentrationen erreichen im Küstenbereich bis zu 10-fach höhere Werte als in der offenen See, wobei die Winterwerte von DIN und TN ähnliche Strukturen aufweisen. Ursache hierfür sind erhebliche Nährstofffrachten vor allem aus Elbe und Weser, die überwiegend mit dem nach Norden fließenden Reststrom entlang der nordfriesischen Küste verteilt und zur offenen See hin verdünnt werden. Die gezeigten Verteilungsmuster, die von Jahr zu Jahr variieren, ergeben sich aus dem Zusammenspiel von Eintragsstärke der Flüsse, Richtung des Nettotransports (Reststroms) und fortschreitender Verdünnung. Diese hochvariablen Einflussgrößen integrieren sich in der Salzgehaltsverteilung wie ähnliche räumliche Strukturen belegen.

Die höchsten DIN-Konzentrationen im Elbeausstrom-Bereich werden im Januar 2012 an der Station EIDER mit 55,1 µmol/L gemessen. Auffallend in diesem Winter sind auch die hohen Konzentrationen an der Station MEDEM mit 179,7 µmol/L. Der geringe Salzgehalt mit 10,03 zeigt einen deutlichen Süßwassereinstrom an. Über die Elbe werden hohe Nährstoffkonzentrationen in die Deutsche Bucht bzw. an die schleswig-holsteinische Küste getragen. Deutlich niedriger liegt der Wert im Winter 2014 an der Station MEDEM mit 81,0 µmol/L.

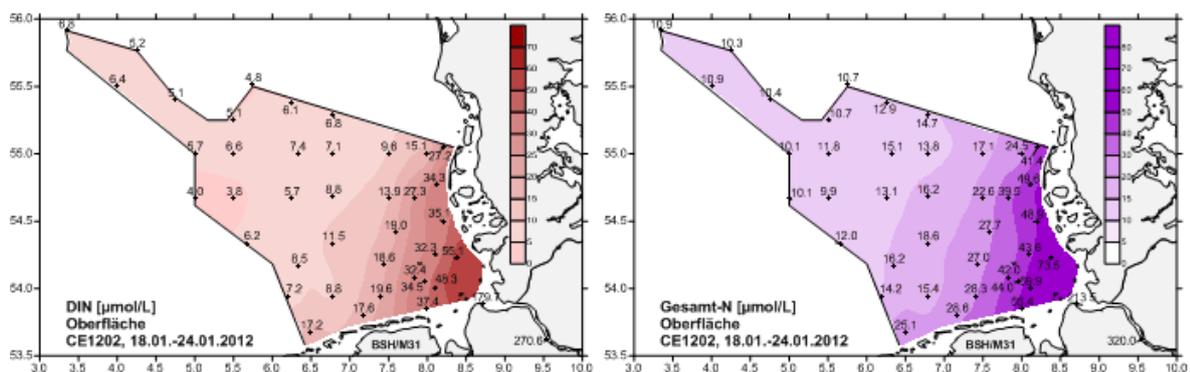


Abbildung 1: Verteilungsmuster von DIN und Gesamt-N [µmol/L] im Januar 2012.

Figure 1: Geographical distributions of DIN and total nitrogen [$\mu\text{mol/L}$] in January 2012.

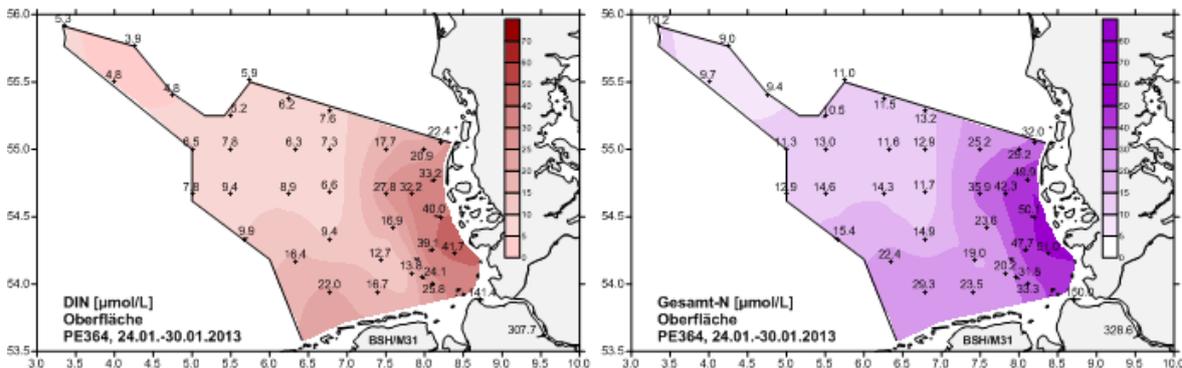


Abbildung 2: Verteilungsmuster von DIN und Gesamt-N [$\mu\text{mol/L}$] im Januar 2013.

Figure 2: Geographical distributions of DIN and total nitrogen [$\mu\text{mol/L}$] in January 2013.

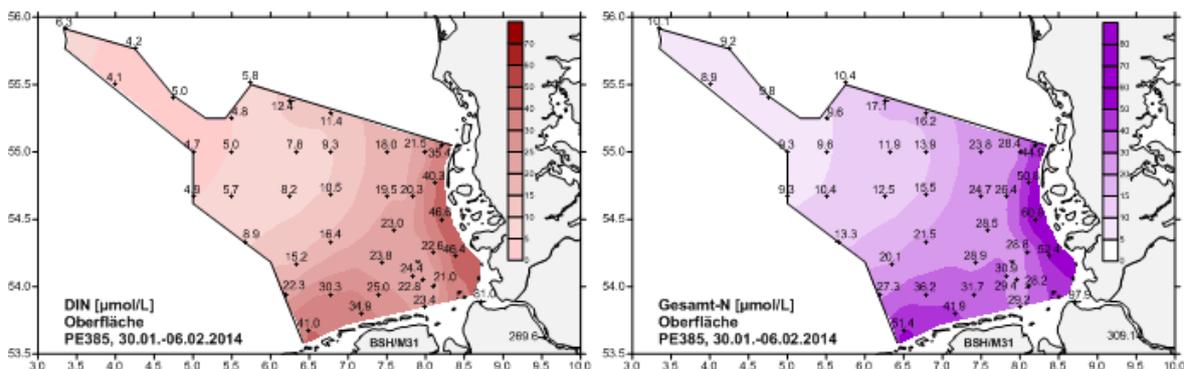


Abbildung 3: Verteilungsmuster von DIN und Gesamt-N [$\mu\text{mol/L}$] im Januar 2014

Figure 3: Geographical distributions of DIN and total nitrogen [$\mu\text{mol/L}$] in January 2014.

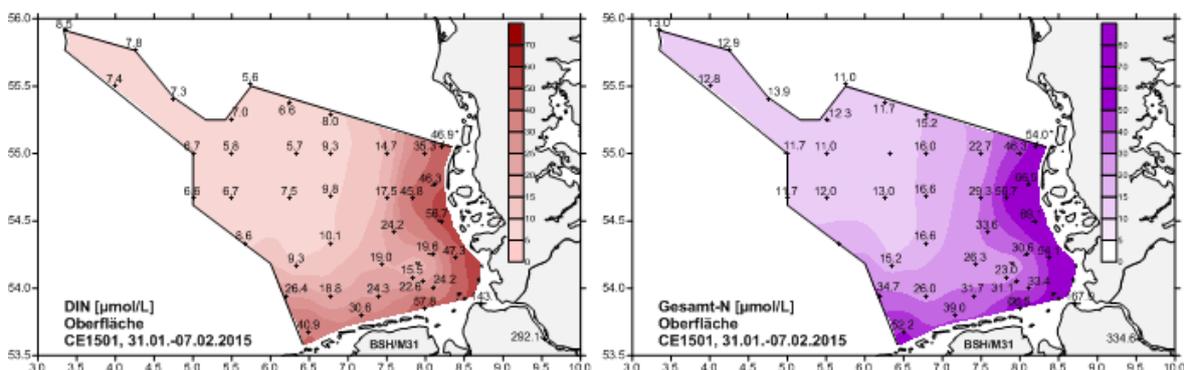


Abbildung 4: Verteilungsmuster von DIN und Gesamt-N [$\mu\text{mol/L}$] im Januar 2015.

Figure 4: Geographical distributions of DIN and total nitrogen [$\mu\text{mol/L}$] in January 2015.

DIP/TP: Die Verteilungsmuster von DIP (Dissolved inorganic Phosphor) und TP (Total Phosphor) sind in den Abbildungen 5 bis 8 dargestellt. In der äußeren Deutschen Bucht (Entenschnabel) werden Konzentrationen zwischen 0,34 und 0,68 $\mu\text{mol/L}$ DIP erreicht; die Konzentrationen von TP liegen zwischen 0,5 und 1,7 $\mu\text{mol/L}$. In der mittleren Deutschen Bucht variieren die DIP-Konzentrationen von 0,36 bis 0,61 $\mu\text{mol/L}$ und die TP-

Konzentrationen von 0,7 bis 1,4 $\mu\text{mol/L}$. Die höchsten DIP Konzentrationen werden im küstennahen Bereich mit 1,11 $\mu\text{mol/L}$ (TP = 6,2 $\mu\text{mol/L}$) erreicht. Eine zunehmende oder abnehmende Tendenz ist weder bei DIP noch bei TP zu erkennen. Auffallend sind jedoch hohe TP-Konzentrationen im Januar 2012 vor der Eiderhalbinsel mit 6,2 $\mu\text{mol/L}$ und Anfang Februar 2015 vor Sylt mit 6,0 $\mu\text{mol/L}$.

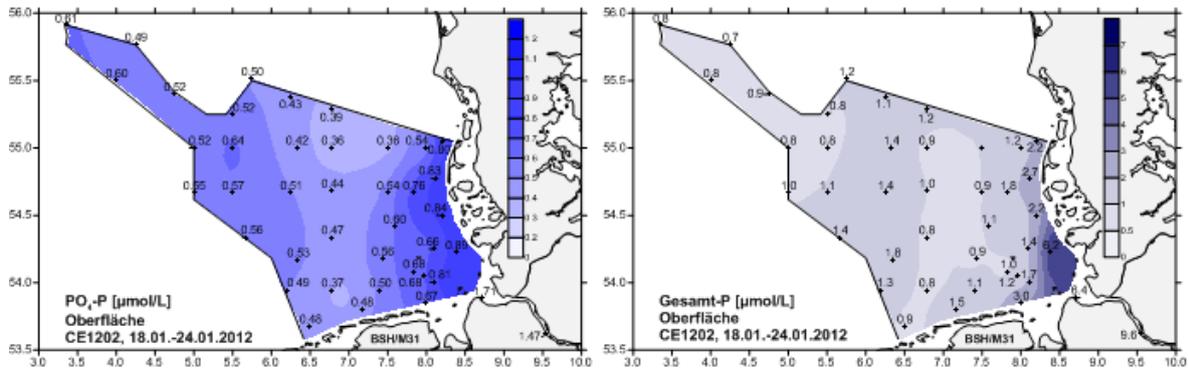


Abbildung 5: Verteilungsmuster von DIP und Gesamt-P [$\mu\text{mol/L}$] im Januar 2012.

Figure 5: Geographical distributions of DIP and total phosphor [$\mu\text{mol/L}$] in January 2012.

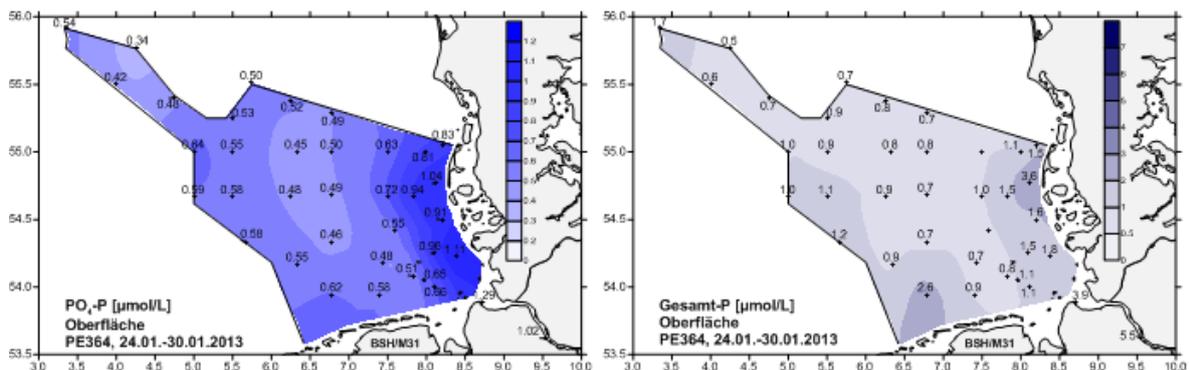


Abbildung 6: Verteilungsmuster von DIP und Gesamt-P [$\mu\text{mol/L}$] im Januar 2013.

Figure 6: Geographical distributions of DIP and total phosphor [$\mu\text{mol/L}$] in January 2013.

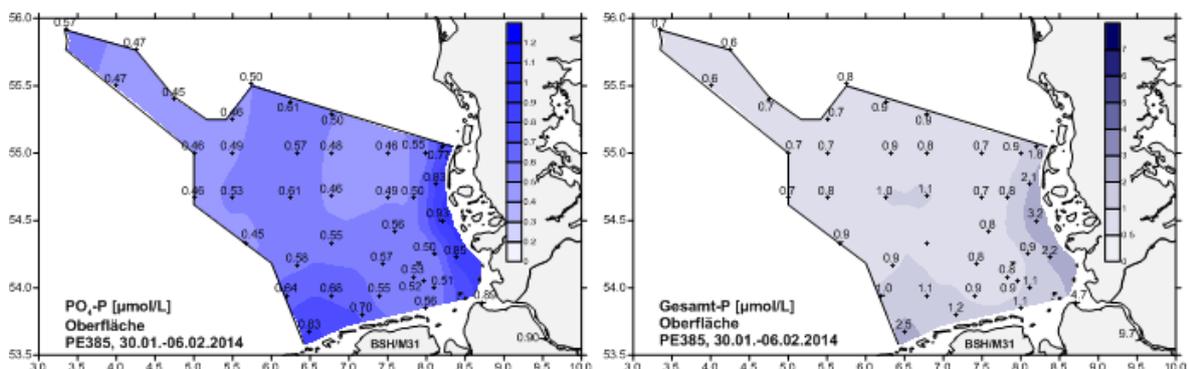


Abbildung 7: Verteilungsmuster von DIP und Gesamt-P [$\mu\text{mol/L}$] im Januar 2014.

Figure 7: Geographical distributions of DIP and total phosphor [$\mu\text{mol/L}$] in January 2014.

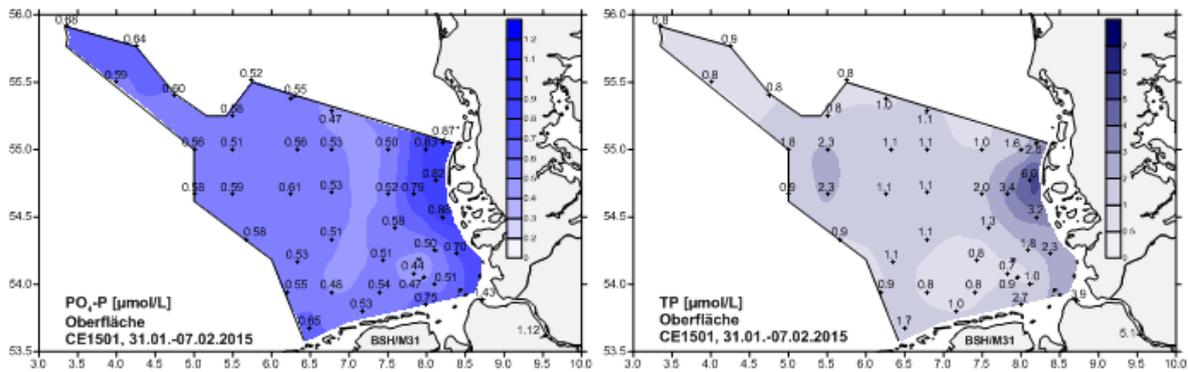


Abbildung 8: Verteilungsmuster von DIP und Gesamt-P [$\mu\text{mol/L}$] im Januar 2015.

Figure 8: Geographical distributions of DIP and total phosphor [$\mu\text{mol/L}$] in January 2015.

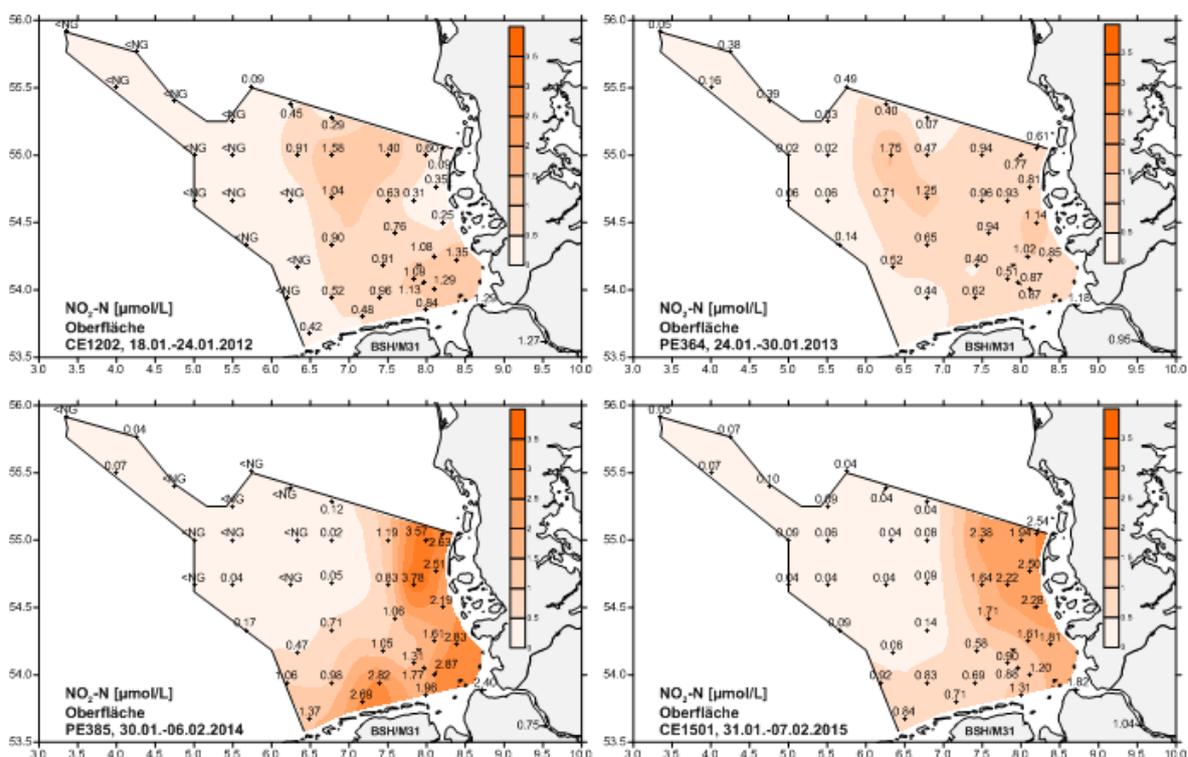


Abbildung 9: Verteilungsmuster von $\text{NO}_2\text{-N}$ [$\mu\text{mol/L}$] im Januar 2012 bis Januar 2015.

Figure 9: Geographical distributions of $\text{NO}_2\text{-N}$ [$\mu\text{mol/L}$] in January 2012 to January 2015.

Die Verteilungsstrukturen von Nitrit (Abb. 9) verändern sich schnell. Da NO_2 ein kurzlebiges Zwischenprodukt bei der Oxidation von Ammonium zu Nitrat darstellt, gibt die jeweilige Nitrit-Konzentration eine Momentaufnahme wieder. Im Winter 2014 erreichen die küstennahen Konzentrationen entlang des schleswig-holsteinischen Küstenbereichs $3,78 \mu\text{mol/L}$ und an der niedersächsischen Küste $2,82 \mu\text{mol/L}$, während 2012 und 2013 Werte von $0,09$ bis $1,14 \mu\text{mol/L}$ erreicht werden. Einen Einfluss auf die Nitrit-Konzentrationen haben dabei auch die Remineralisierungsvorgänge, welche wiederum durch die Wassertemperaturen beschleunigt bzw. verlangsamt werden. Die überdurchschnittlich warmen Winter 2013/14 und 2014/15 beschleunigten die ablaufenden Remineralisierungsprozesse und erzeugten hohe Nitrit-Konzentrationen in den Küstenbereichen.

Die Ammonium-Konzentrationen (Abb. 10) sind in den Wintern 2012-2015 ausgeglichen. Wie in den vorhergehenden Jahren liegen in den Küstenbereichen höhere Werte vor (4,5 bis 5,9 $\mu\text{mol/L}$), bedingt durch Remineralisierungsprozesse, aber auch durch den Eintrag über die Landwirtschaft. In der mittleren Deutschen Bucht und im Entenschnabel sind die Konzentrationen zum Teil so niedrig, dass sie im Bereich der Nachweisgrenze (NG) liegen.

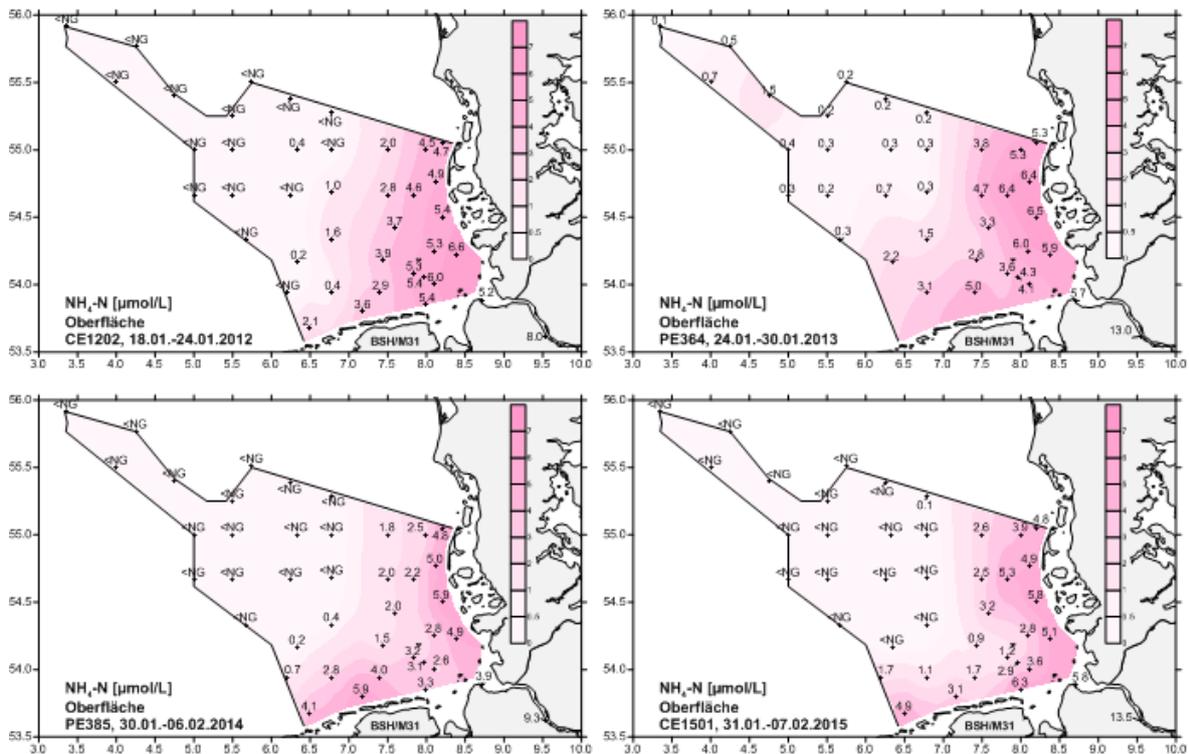


Abbildung 10: Verteilungsmuster von $\text{NH}_4\text{-N}$ [$\mu\text{mol/L}$] im Januar 2012 bis Januar 2015.

Figure 10: Geographical distributions of $\text{NH}_4\text{-N}$ [$\mu\text{mol/L}$] in January 2012 to January 2015.

Auch die Silikatkonzentrationen (Abb. 11) sind vergleichbar mit denen der Vorjahre. Während im küstennahen Bereich Konzentrationen bis 43,1 $\mu\text{mol/L}$ (2012) erreicht werden, nehmen die Konzentrationen zur offenen See hin ab und erreichen im Entenschnabel 2,0 bis 4,1 $\mu\text{mol/L}$. Silikat gelangt auch durch Verwitterungsprozesse über die Flüsse in die Deutsche Bucht, daher liegen sowohl an der schleswig-holsteinischen Küste als auch vor der niedersächsischen Küste höhere Konzentrationen vor.

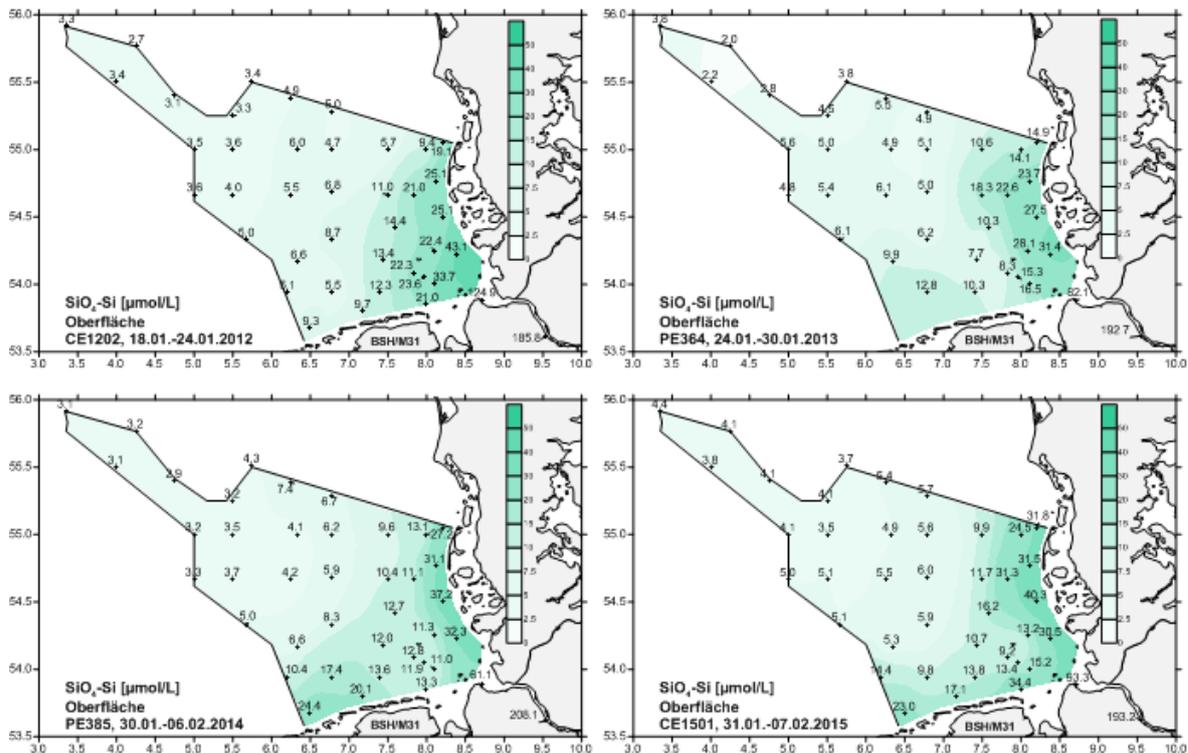


Abbildung 11: Verteilungsmuster von $\text{SiO}_4\text{-Si}$ [$\mu\text{mol/L}$] im Januar 2012 bis Januar 2015.

Figure 11: Geographical distributions of $\text{SiO}_4\text{-Si}$ [$\mu\text{mol/L}$] in January 2012 to January 2015.

Redfield-Verhältnis: Die Abweichung der aus Nitrit+Nitrat und Phosphat berechneten Redfield-Verhältnisse (Abb. 12) vom natürlichen Redfield-Verhältnis $\text{N/P}=16$ ist auch im Winter 2012 bis 2015 in den Küstengewässern unverändert hoch. Nur in wenigen Bereichen der mittleren Deutschen Bucht liegen natürliche Werte vor (REDFIELD, 1934). Nach wie vor kennzeichnet ein Ungleichgewicht der Nährstoffkonzentrationen die Eutrophierungsproblematik in der deutschen AWZ (Ausschließliche Deutsche Wirtschaftszone). Hohe Stickstoffkonzentrationen im küstennahen Bereich, verursacht durch hohe Einträge über die Flüsse und die Atmosphäre (Industrie, Schifffahrt), im Verhältnis zu niedrigen Phosphatkonzentrationen führen zu Werten bis 60,4.

Diese aus dem natürlichen Gleichgewicht gelangten Redfield-Verhältnisse können Stoffwechselstörungen (\rightarrow toxische Algen) und Artenverschiebungen (Diatomeen \rightarrow Dinoflagellaten) zur Folge haben.

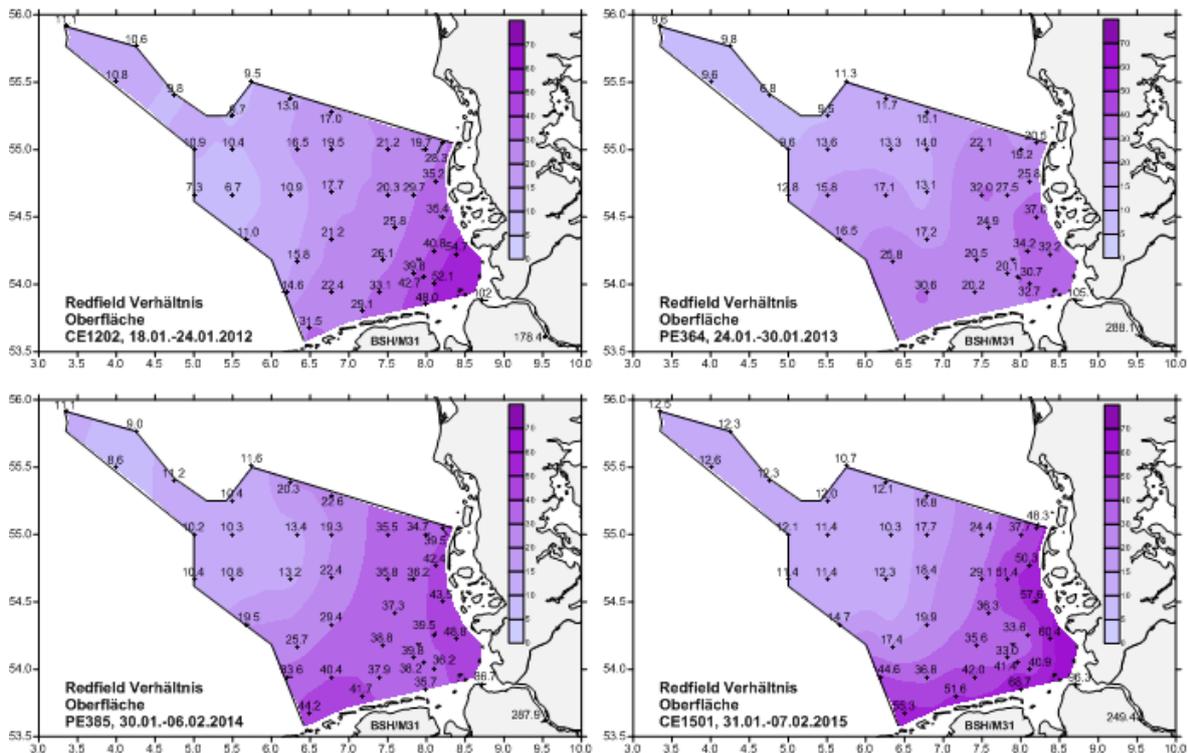


Abbildung 12: Verteilungsmuster des DIN/DIP-Verhältnisses im Oberflächenwasser der Deutschen Bucht im Januar 2012 bis Januar 2015.

Figure 12: Geographical distributions of DIN/DIP ratio in the surface water of the German Bight in January 2012 to January 2015.

Literatur

Ott, J., Meereskunde, UTB für Wissenschaft, 2. Auflage, 424pp, 1996

Loewe, Peter. 2009. Berichte des BSH. *System Nordsee - Zustand 2005 im Kontext langzeitlicher Entwicklungen*. Hamburg und Rostock : BSH, 2009. Bd. 44. Online verfügbar unter: www.bsh.de/de/Produkte/Buecher/Berichte_/Bericht44/index.jsp.

Loewe, Peter; Holger Klein und Sieglinde Weigelt-Krenz. 2013. Berichte des BSH. *System Nordsee - 2006 & 2007 im Kontext langzeitlicher Entwicklungen*. Hamburg und Rostock : BSH, 2013. Bd. 49. Online verfügbar unter: www.bsh.de/de/Produkte/Buecher/Berichte_/Bericht49/index.jsp.

Redfield, A. C.. On the proportions of organic derivatives in sea water and their relation to the composition of plankton. 176-192 in: Daniel, R. J. (ed.), *James Johnstone Memorial Volume*, University Press, Liverpool, UK, 348pp, 1934.

Weigelt-Krenz, Sieglinde, Nährstoffe, 159-186 in: *Nordseezustand 2008-2011*, Berichte des BSH, Nr. 54, 308 pp., Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg und Rostock, 2016.

Wenn Sie noch Fragen oder Datenanforderungen haben, wenden Sie sich bitte an Dr. Sieglinde Weigelt-Krenz, Telefon 040 3190-3310; sieglinde.weigelt@bsh.de