



4.2.4 Langzeitliche Nährstoffentwicklung in der Deutschen Bucht

<> Sieglinde Weigelt-Krenz, Annika Grage

Für Nährstoffe in der Deutschen Bucht liegt im Winter eine lineare Abhängigkeit der Konzentrationen vom Salzgehalt vor (Abb. 1). Zu dieser Zeit ist die biologische Aktivität gering und die Remineralisierung fast abgeschlossen. Die Konzentration der Nährstoffe (wie auch der Salzgehalt) wird hauptsächlich durch hydrodynamische Prozesse beeinflusst, die durch Vermischung von Fluss- und Meerwasser entstehen. Somit integriert sich das Zusammenspiel von Eintragsstärke der Flüsse, Richtung des Nettotransports (des Reststroms) und fortschreitender Verdünnung in der Salzgehaltsverteilung, wie ähnliche räumliche Strukturen zeigen. Es ergeben sich daher invers lineare Korrelationen zwischen Salz- und Nährstoffgehalten, welche für zwischenjährige Vergleiche und Trendabschätzungen genutzt werden.

So werden zur Diskussion der langzeitlichen Entwicklung für definierte Salzgehalte (S) aus den erhaltenen Regressionsgeraden entsprechende Nährstoffkonzentrationen berechnet, welche charakteristisch für das Küstenwasser ($S=30$), die mittlere Deutsche Bucht ($S=33$) und die äußere Deutsche Bucht ($S=34$) sind.

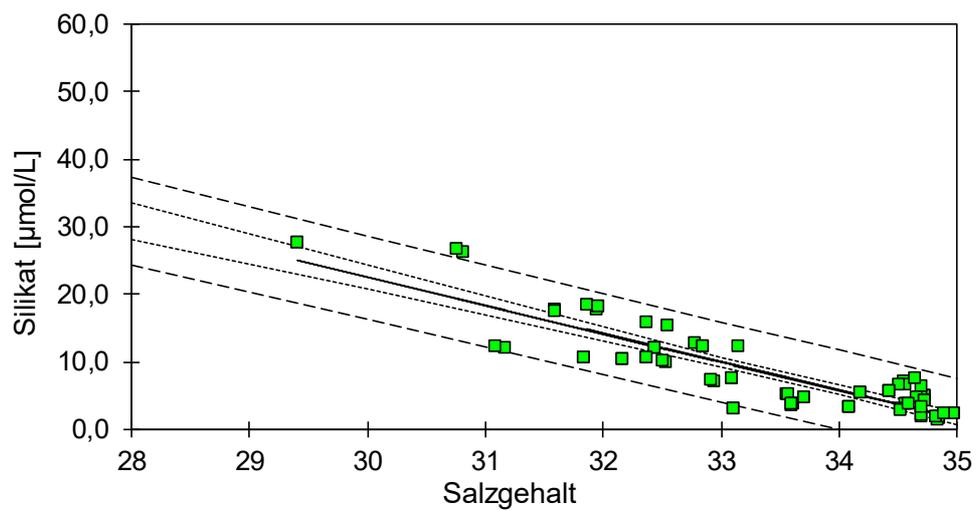
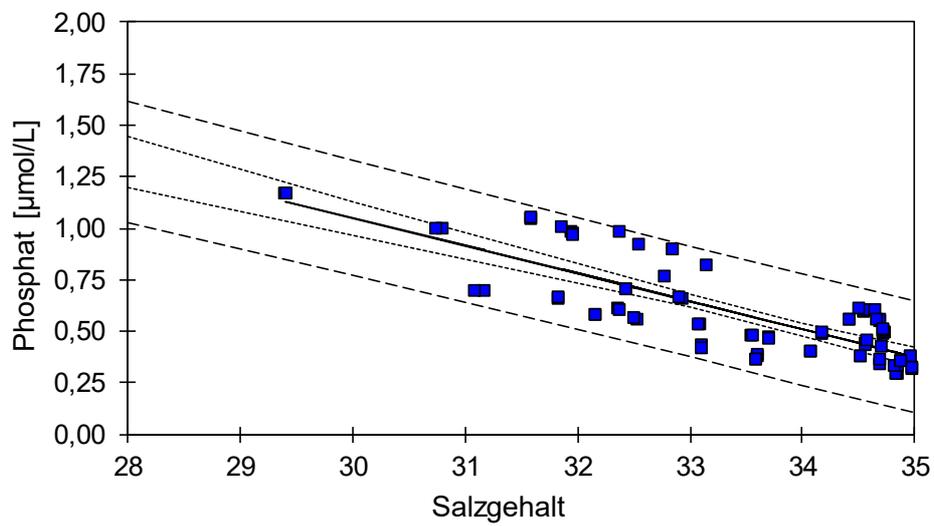
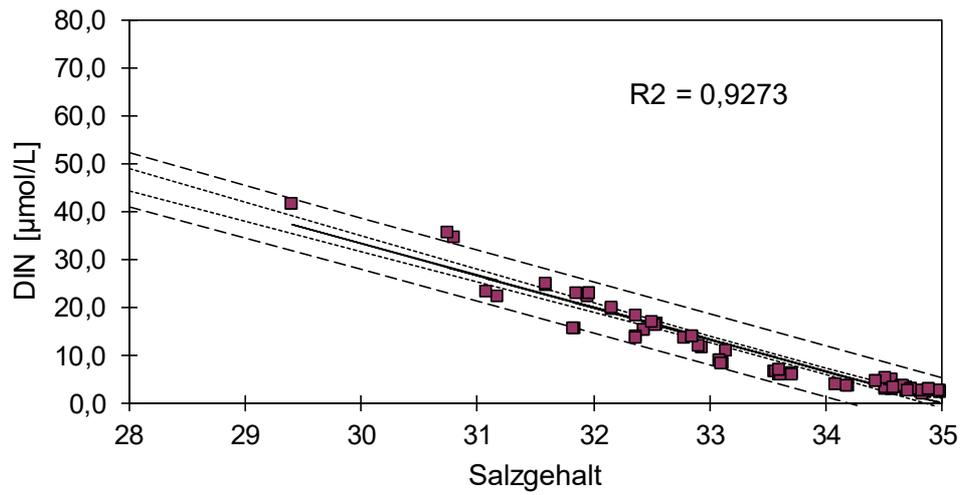


Abbildung 1: DIN, Phosphat und Silikat vs. Salzgehalt in der Deutschen Bucht im Februar 2019.

Figure 1: DIN, phosphate and silicate vs. salinity in the German Bight in February 2019.

Die Abbildungen 2-4 geben die langzeitliche Entwicklung der winterlichen Nährstoffkonzentrationen von 1978/85 bis 2019 bzw. 2020 wieder. Für Phosphat und Silikat sind darüber hinaus Messwerte aus dem Jahr 1936 angegeben. Zu dieser Zeit war die Bevölkerungsdichte noch geringer und in der Landwirtschaft wurde kaum künstlicher Dünger eingesetzt. Die Viehhaltung wurde noch nicht so intensiv betrieben. Es gab allerdings in den Städten keine Klärwerke.

Die Konzentration der löslichen anorganischen Stickstoffverbindungen (DIN) im Küstenwasser unterliegt starken zwischenjährigen Schwankungen, wobei insgesamt ein leichter Rückgang zu verzeichnen ist. Seit 2000 werden wiederholt Werte unter 40 $\mu\text{mol/L}$ erreicht. Die Konzentration der Gesamt-Stickstoffverbindungen (TN), die ca. 30 % über den Werten von DIN liegt, zeigt einen ähnlichen Verlauf. Im Winter 2019 beträgt die DIN-Konzentration 33,4 $\mu\text{mol/L}$, die Gesamt-Stickstoffkonzentration erreicht einen Wert von 51,9 $\mu\text{mol/L}$. Beide Werte liegen nach wie vor weit oberhalb des im Rahmen von OSPAR angestrebten Orientierungswertes für diesen Salzgehaltsbereich von 18 $\mu\text{mol/L}$ (DIN) bzw. 23 $\mu\text{mol/L}$ (TN) (Brockmann et al. 2017). Die Nährstoffeinträge über die Flüsse sind zwar rückläufig, die atmosphärischen Einträge durch Industrie, Offshoreanlagen, Seeschifffahrt und grenzüberschreitende Effekte nehmen weiterhin zu und wirken sich negativ auf die Stickstoffkonzentrationen in der Wassersäule aus.

Auch in der mittleren Deutschen Bucht (S=33) werden mit DIN=13,4 $\mu\text{mol/L}$ (Orientierungswert: 11 $\mu\text{mol/L}$) bzw. TN=24,2 $\mu\text{mol/L}$ (Orientierungswert: 14 $\mu\text{mol/L}$) 2019 die Zielwerte noch nicht erreicht. Im offenen Seebereich (S=34) liegen im Winter 2019 die DIN- bzw. TN-Konzentrationen bei 6,8 bzw. 15 $\mu\text{mol/L}$ und erreichen den Orientierungswert für Stickstoffverbindungen gerade (DIN, Orientierungswert 9 $\mu\text{mol/L}$) bzw. überschreiten ihn weiterhin (TN, Orientierungswert 11 $\mu\text{mol/L}$).

Die lösliche anorganische Phosphatkonzentration (DIP), die zu Beginn der 1990er Jahre im Küstenwasser aufgrund der durchgeführten Maßnahmen (Verbot phosphathaltiger Waschmittel, Bau von Kläranlagen) deutlich zurückging, hat sich seit 1999 im Bereich der natürlichen Schwankungsbreite kaum verändert. Im Winter 2019 wird für S=30 ein Wert von 1,1 $\mu\text{mol/L}$ berechnet (Orientierungswert: 0,7 $\mu\text{mol/L}$), in der mittleren Deutschen Bucht 0,65 $\mu\text{mol/L}$ und in der offenen See 0,5 $\mu\text{mol/L}$. Der angestrebte Orientierungswert ist in Küstennähe fast erreicht. In den offenen Seegebieten liegt der im Rahmen der MSRL zu erreichende gute Zustand bzgl. der gelösten Phosphorverbindungen vor.

Die Gesamt-Phosphor-Konzentrationen (TP) schwanken zwischenjährlich sehr stark und erreichen immer wieder hohe Werte. Auch 2015 und 2019 wurden Konzentrationen bis 2,7 bzw. 3,2 $\mu\text{mol/L}$ analysiert. Das Verbot phosphathaltiger Waschmittel spiegelt sich zwar deutlich in der langzeitlichen Abnahme der DIP-Konzentrationen wider, nicht jedoch in den Gesamt-Phosphorkonzentrationen. Die TP-Konzentration im Winter 2019, ist mit 3,2 $\mu\text{mol/L}$ dreimal so hoch wie der im Rahmen von OSPAR angestrebte Orientierungswert von 0,9 $\mu\text{mol/L}$. Auch in der mittleren Deutschen Bucht liegen die gemessenen Konzentrationen mit TP=1,5 $\mu\text{mol/L}$ und in der offenen See mit TP=1 $\mu\text{mol/L}$ weiterhin über dem anzustrebenden Orientierungswert (0,8 $\mu\text{mol/L}$).

Der zeitliche Verlauf der Gesamtphosphor- (TP) und Phosphat-Konzentrationen (DIP) verdeutlicht das unterschiedliche Verhalten von TP und löslichem Phosphat im Seewasser. Der Anteil an löslichem anorganischem Phosphat vom Gesamtphosphor-Gehalt liegt zwischen 40-50% mit einer hohen Schwankungsbreite. Der partikuläre und organische Phosphor-Anteil erreicht entsprechend 50-60% und liegt somit um den Faktor 2 über dem Anteil an partikulären und organischen Stickstoffverbindungen. Während ein Großteil der löslichen Stickstoffkomponenten durch Remineralisierung der Wassersäule wieder zugeführt wird, lagert

sich das freiwerdende Phosphat u.a. als Eisen(III)komplex am Meeresboden ab und wird erst bei steigenden Wassertemperaturen und durch anoxische Verhältnisse, meist im Spätsommer/Herbst, wieder als lösliche Eisen(II)Verbindung freigesetzt (van Beusekom et al., 1999). Ein Teil des Phosphats wird auch als Calcium-Apatit im Sediment eingelagert und steht dem Phosphatkreislauf viele Jahre nicht zur Verfügung.

Die Silikatkonzentrationen sind durch industrielle und landwirtschaftliche Aktivitäten kaum beeinflusst, so dass zwischenjährige Schwankungen biologische und auch geologische Veränderungen anzeigen. Während die Ergebnisse von 1993 bis 1996 im Bereich des Vergleichswertes von 1936 (18,5 µmol/L) liegen, wird dieser Wert in den Folgejahren deutlich überschritten.

Insgesamt hat sich die Nährstoffsituation gegenüber derjenigen der Vorjahre nur im Rahmen der natürlichen Variabilität verändert. Die Phosphatgehalte liegen in der zentralen Nordsee und in der mittleren Deutschen Bucht auf dem Vergleichsniveau von 1936, im Küstenbereich etwas darüber. Die Gesamtposphorkonzentration befindet sich im Küstenbereich deutlich über dem angestrebten Orientierungswert. Die Konzentrationen der Stickstoffverbindungen sind zwar seit einigen Jahren rückläufig; diese Verbindungen leisten jedoch nach wie vor den höchsten Beitrag zur Gesamtnährstoffbelastung.

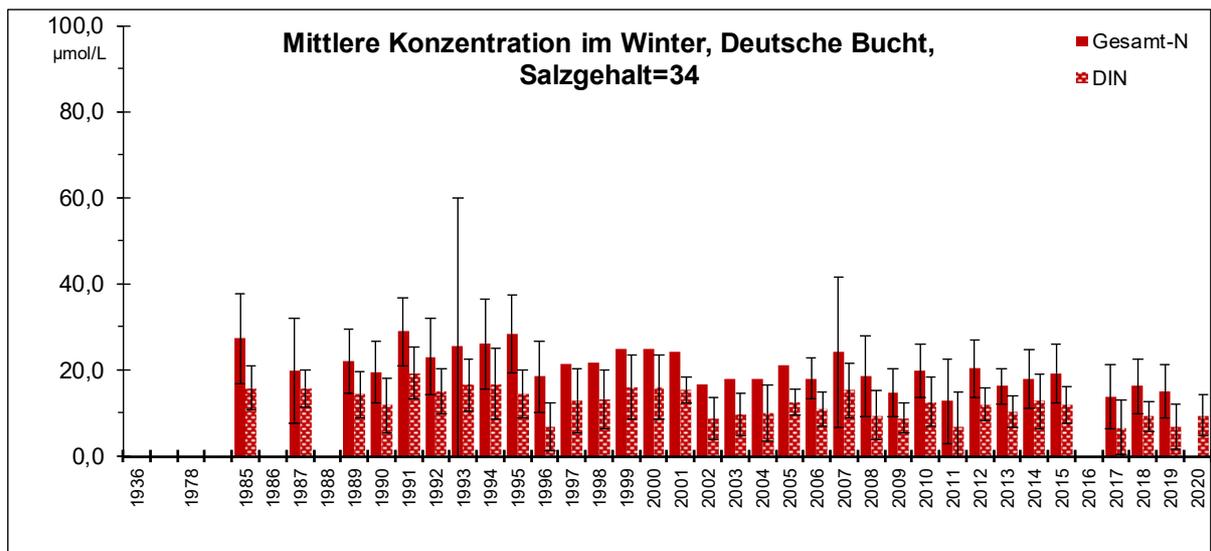
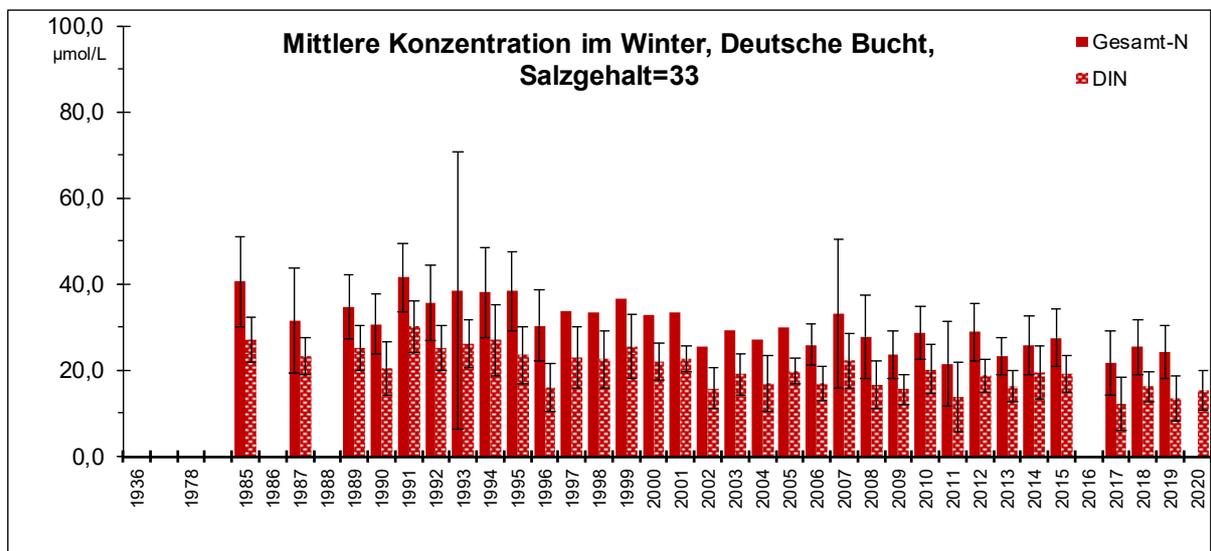
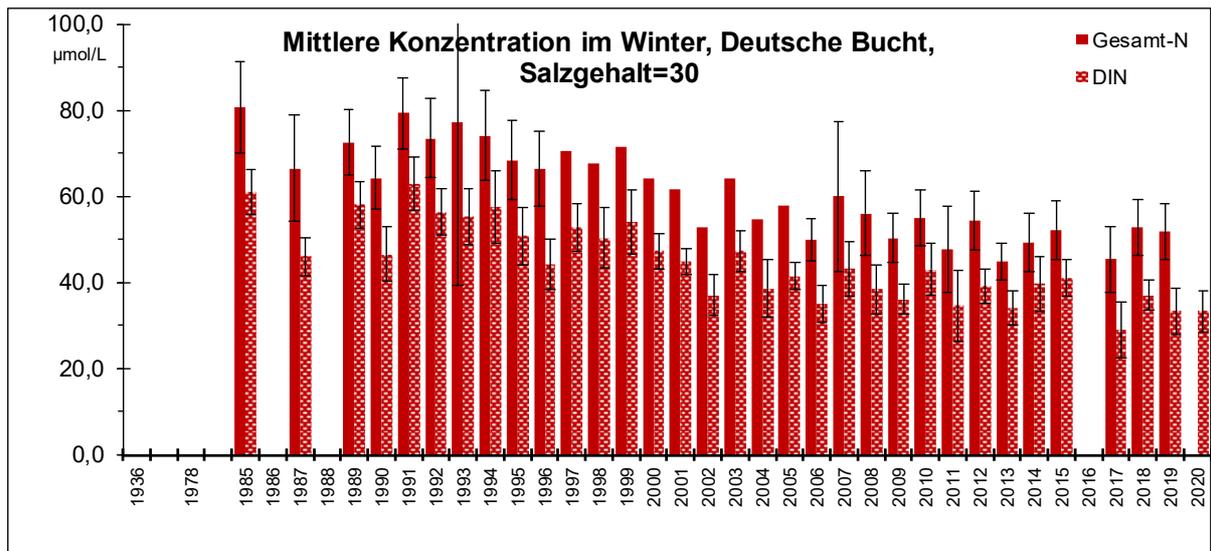


Abbildung 2: Zeitserien der berechneten winterlichen DIN- und TN-Konzentrationen mit 95 % Vertrauensbereich (Vorhersageintervall).

Figure 2: Time series of wintry DIN and TN concentrations. Prediction limits are depicted as 95 % bars.

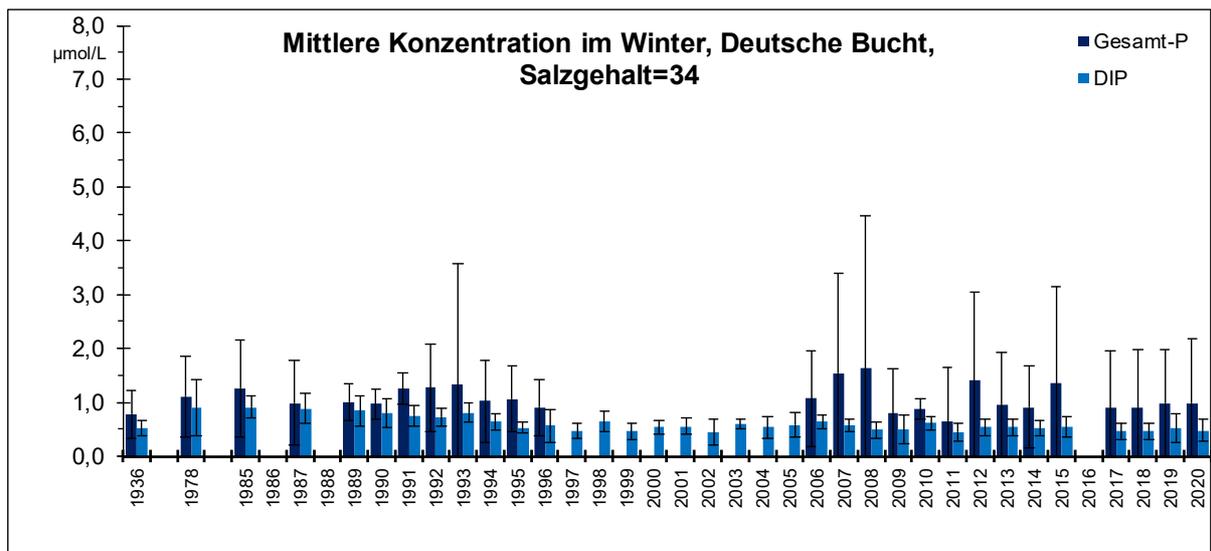
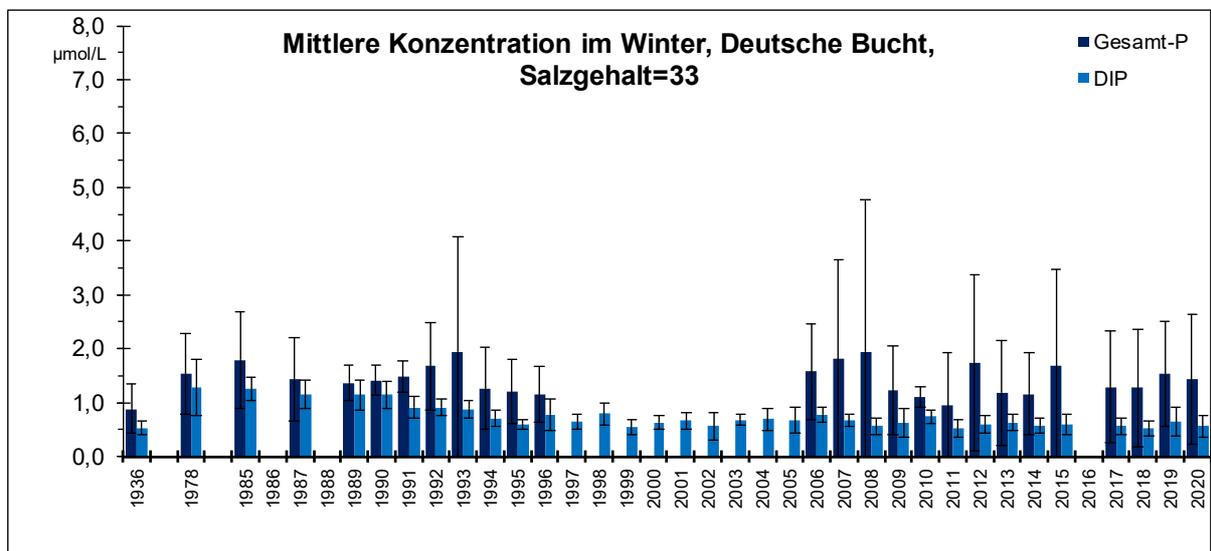
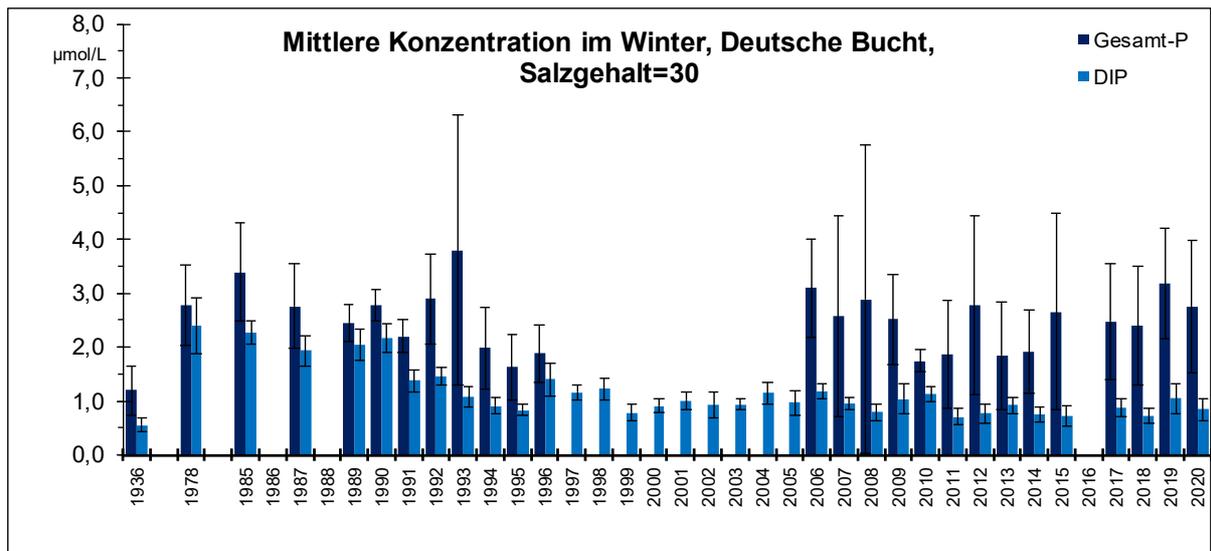


Abbildung 3: Zeitserien der berechneten winterlichen DIP- und TP-Konzentrationen mit 95% Vertrauensbereich (Vorhersageintervall).

Figure 3: Time series of wintry DIP and TP concentrations. Prediction limits are depicted as 95 % bars.

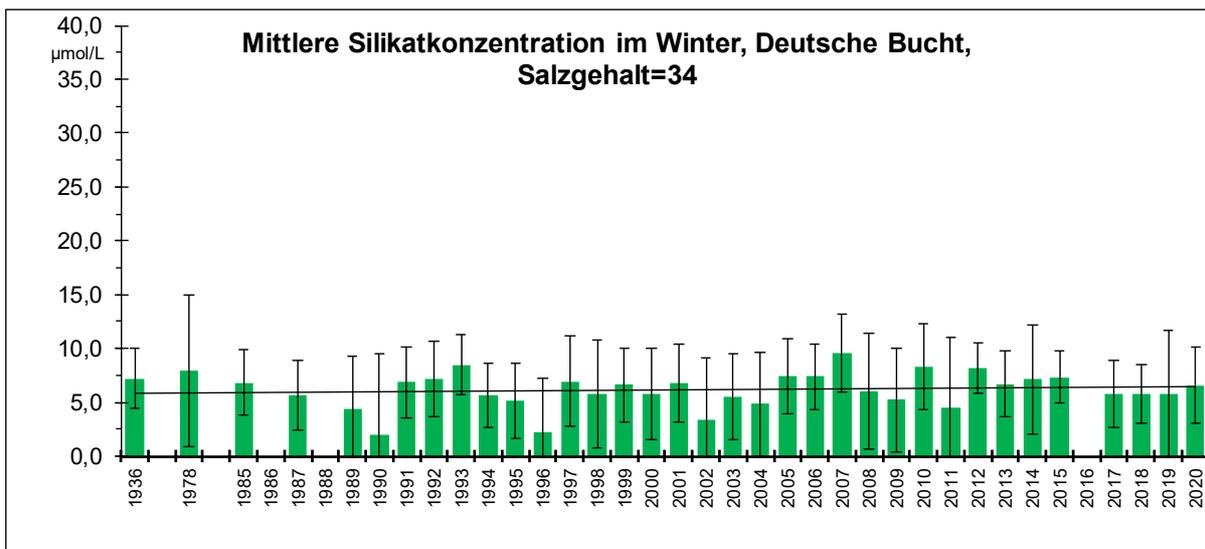
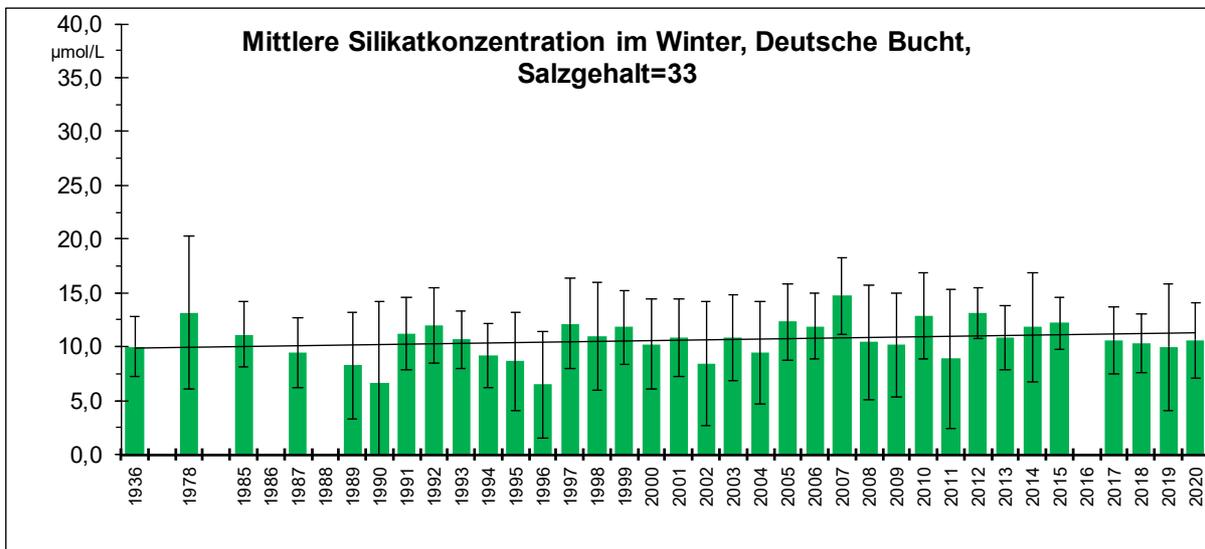
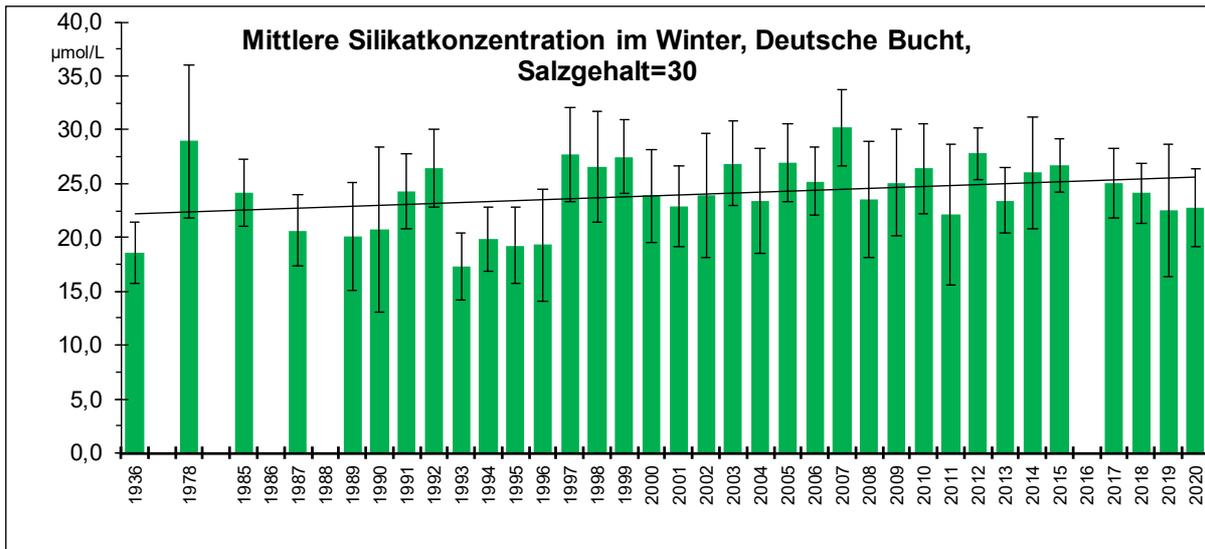


Abbildung 4: Zeitserien der berechneten winterlichen Silikat-Konzentrationen mit 95 % Vertrauensbereich (Vorhersageintervall).

Figure 4: Time series of wintry Silicate concentrations. Prediction limits are depicted as 95 % bars.

Literatur

Brockmann, U., D. Topcu, M. Schütt, W. Leujak, Third assessment of the eutrophication status of the German coastal and marine waters 2006 – 2014 in the North Sea according to the OSPAR Comprehensive Procedure, 108 pp., 2017.

Van Beusekom, J.E.E., U. Brockmann, K. Hesse, W. Hickel, K. Premba, U. Tillmann, The importance of sediments in the transformation and turnover of nutrients and organic matter in the Wadden Sea and the German Bight, Dt. Hydrogr. Z., Supp. 51, 245-266, 1999.

Wenn Sie noch Fragen oder Datenanforderungen haben, wenden Sie sich bitte an
Annika Grage, Telefon 040 3190 – 3310; annika.grage@bsh.de