

Sauerstoffmangel im bodennahen Wasser der westlichen Ostsee

Die Sauerstoffsituation im September 2020

Das Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR) hat im Zeitraum vom 08.09. bis 17.09.2020 mit MS "Haithabu" (Abbildung 1 links) die alljährliche Messkampagne zur Ermittlung der Sauerstoffgehalte in der westlichen Ostsee durchgeführt. Von den insgesamt 42 Messstellen lagen 30 in Wassertiefen unterhalb 15 Meter und zwölf im flacheren Wasser zwischen 7 und 13 Metern. Die Sauerstoffgehalte wurden mit einer Multiparametersonde (Abbildung 1 rechts) im Vertikalprofil zwischen einem Meter unter der Oberfläche bis einem Meter über dem Meeresboden gemessen. Zusätzlich wurden die prozentuale Sauerstoffsättigung, die Wassertemperatur, der Salzgehalt und der pH-Wert erfasst. Im Folgenden wird über die Ergebnisse der jeweils einen Meter über dem Meeresboden gemessenen Sauerstoffgehalte berichtet.



Abbildung 1: links: MS „Haithabu“ beim Monitoring-Einsatz in der Ostsee (Foto: C. Steffens), rechts: Rosette mit Wasserschöpfern und Multiparametersonde (Foto: LLUR)

Alljährlich ab dem Frühsommer bildet sich in der westlichen Ostsee aufgrund von Salzgehalts- und Temperaturunterschieden in Bereichen mit Wassertiefen über 15 Meter eine saisonale thermohaline Schichtung aus. Dies kann über dem Boden, insbesondere in den inneren Förden und Buchten, zu einem Sauerstoffschwund mit Konzentrationen unter 2 mg/l führen.

Ist der Sauerstoffschwund besonders ausgeprägt, findet am Meeresboden anaerobe Zersetzungsprozesse von organischem Material (abgestorbene Algen oder Bodentiere) statt. Dies zeigt sich durch die Bildung des Faulgases Schwefelwasserstoff (H_2S). Ähnlich wie 2019, wurde H_2S in mehreren Bereichen der westlichen Ostsee nachgewiesen, verstärkt in der Flensburger Förde sowie in der Eckernförder Bucht.

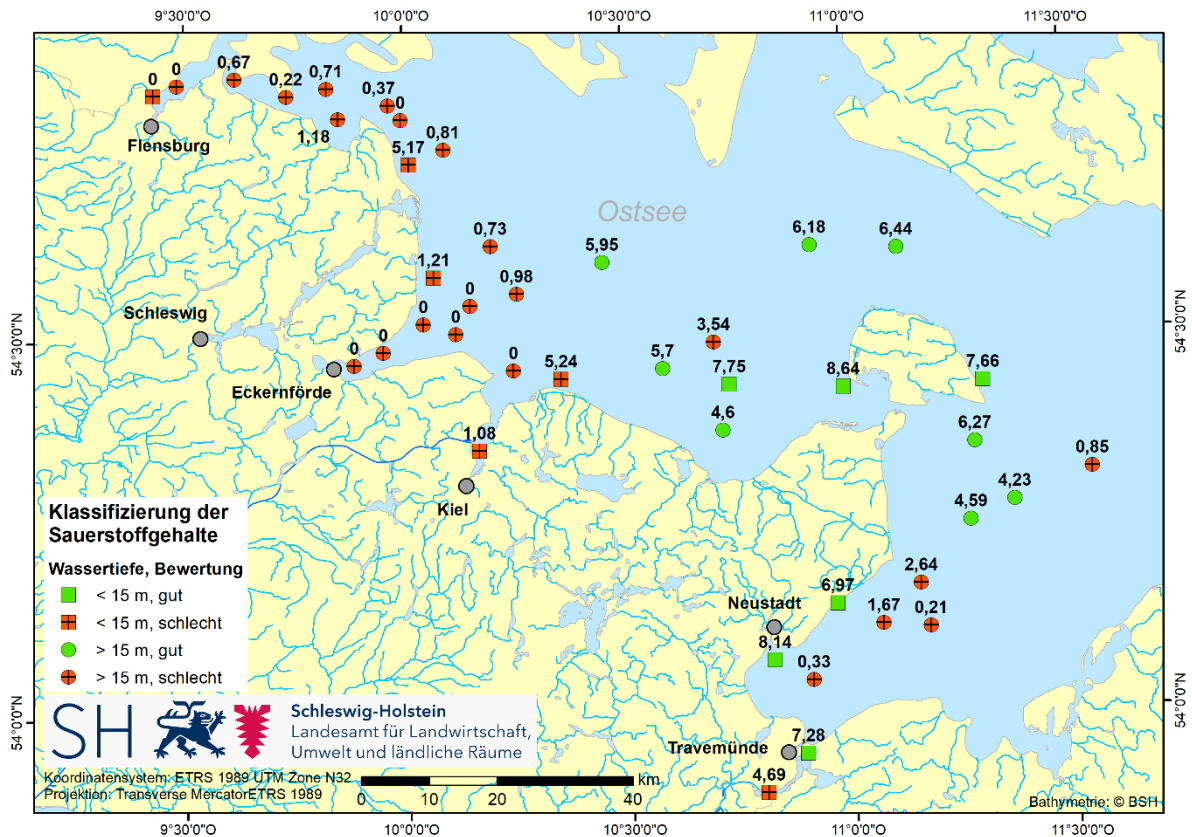


Abbildung 2: Klassifizierte Sauerstoffgehalte (mg/l) im Tiefenwasser der westlichen Ostsee im September 2020, ein Meter über dem Meeresboden gemessen.

In Abbildung 2 sind die gemessenen Sauerstoffgehalte an den einzelnen Messstellen des schleswig-holsteinischen Ostseegebietes klassifiziert in einer Karte dargestellt. Im September 2020 wurde der Sauerstoffzielwert von 4 mg/l an 22 von 30 (73%) der untersuchten Messstellen >15 m unterschritten. Im Jahr 2019 lag der Anteil bei 93%. Die Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser der westlichen Ostsee sind also in diesem Jahr im Vergleich zur Situation im Vorjahr etwas besser zu bewerten. Auch in den flacheren Bereichen herrscht in diesem Jahr Sauerstoffmangel, der dort geltende Sauerstoffzielwert von 6 mg/l wurde an sechs von zwölf (50%) der untersuchten Messstellen nicht erreicht.

Eine regionalisierte Auswertung der mittleren Sauerstoffgehalte (Median) im Tiefenwasser der verschiedenen Förden und Buchten der westlichen Ostsee ist in Abbildung 3 mit Angabe des Zielwertes für saisonal geschichtete Gebiete dargestellt. Zum Vergleich sind die Sauerstoffgehalte des Vorjahres mit angegeben. Erkennbar ist, dass die Gehalte im September 2020 in einigen Regionen deutlich besser sind als zum Vorjahr. In drei Regionen liegen die Sauerstoffgehalte in diesem Jahr über dem Zielwert für „gute Sauerstoffbedingungen“ von 4 mg/l.

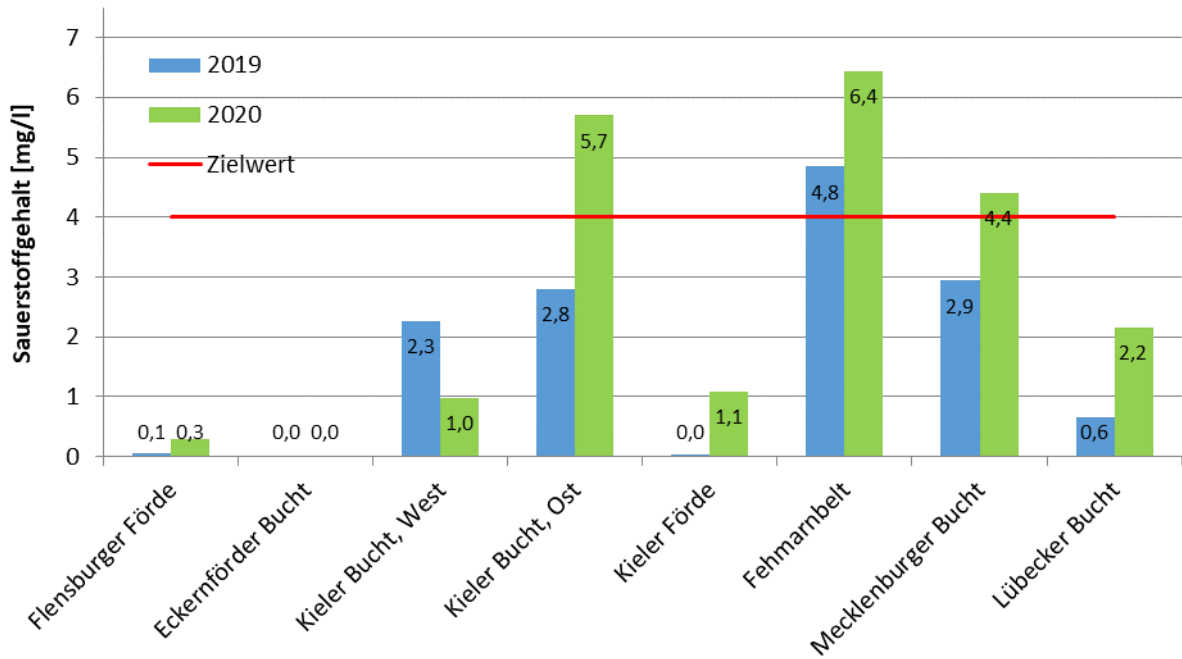


Abbildung 3: Darstellung des Medians der Sauerstoffgehalte in den verschiedenen Regionen der westlichen Ostsee im September 2019 und 2020, inklusive des Sauerstoffzielwertes.

Am Beispiel der Messstelle „Flensburger Innenförde“ wurden die Sauerstoffgehalte jeweils im September von 2011 bis 2020 dargestellt (Abbildung 4). Die Zeitreihe zeigt, dass hier der Sauerstoffzielwert von 4 mg/l in den letzten 10 Jahren jeweils im Spätsommer immer deutlich unterschritten wurde. Zusätzlich wurde wie schon im Jahr zuvor Schwefelwasserstoff festgestellt, d.h. es herrscht extremer Sauerstoffschwund.

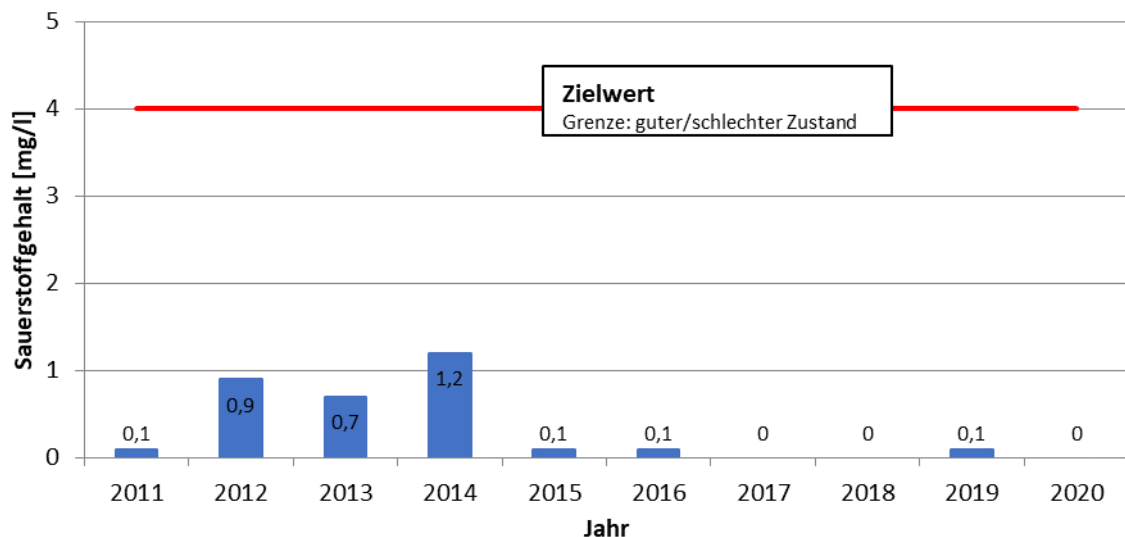


Abbildung 4: Darstellung der spätsommerlichen Sauerstoffgehalte im Tiefenwasser in der Flensburger Innenförde im Zeitraum von 2011 bis 2020 und des Sauerstoffzielwertes.

Ähnlich wie in 2019 wurden in diesem Jahr in einigen Bereichen der Ostsee ein Fischsterben beobachtet. In den Medien wurde besonders über angespülte Fische in der Eckernförder Bucht berichtet. Es ist davon auszugehen, dass der anhaltende Sauerstoffmangel in Verbindung mit Schwefelwasserstoffentwicklung die Ursache für das Fischsterben ist. Der äußerst starke und konstante Südwestwind hatte das sauerstoffreiche Oberflächenwasser aus der Bucht hinausgedrückt, wodurch das sauerstoffarme Tiefenwasser aufsteigen konnte, ein wetterabhängiges Ereignis, das auch als „Upwelling“ bezeichnet wird. Da Schwefelwasserstoff ein sehr giftiges Gas ist, das zu Benommenheit, Krämpfen und schließlich zum Tod führt, können sich die Fische nicht mehr eigenständig in sichere Bereiche begeben und verenden, wenn sie mit dem schwefelwasserstoffhaltigen Wasser in Kontakt gekommen sind.

Sauerstoffuntersuchungen werden auch regelmäßig vom Dänischen Nationalen Zentrum für Umwelt und Energie (DCE) an der Universität Århus durchgeführt und in zwei Sauerstoffklassen bewertet (<2 mg/l und 2-4 mg/l). In Abbildung 5 sind die modellierten Ergebnisse der Messungen im August 2020 für die westliche Ostsee dargestellt. Erkennbar ist der im September auftretende, verbreitete starke Sauerstoffmangel (<2 mg/l) in der Flensburger Förde, der Eckernförder Bucht, sowie der Mecklenburger Bucht.

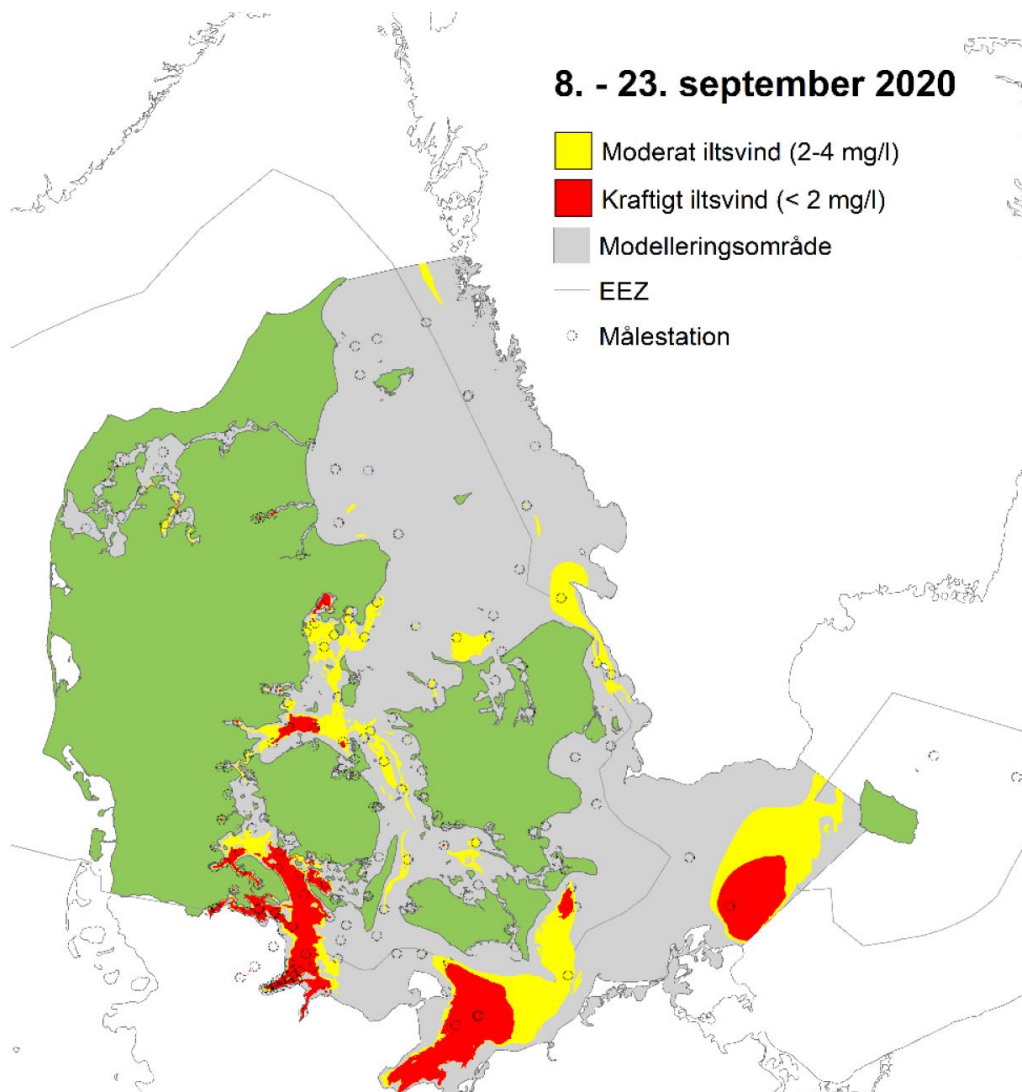


Abbildung 5: Modellerte Sauerstoffkonzentrationen im Bodenwasser im September 2020. Quelle: Dänisches Nationales Zentrum für Umwelt und Energie (DCE, Institute for Bioscience, Århus Universität).

Auswirkungen des saisonalen Sauerstoffmangels auf die Bodentierfauna

Sinkt der Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser unter 2 mg/l ab, wird es für Fische und die am oder im Meeresboden lebenden Tiere (Makrozoobenthos) zunehmend lebensbedrohlich. Dies gilt insbesondere, wenn diese Bedingungen über einen längeren Zeitraum bestehen bleiben und sich infolge mikrobieller Prozesse (Sulfatreduktion) das Faulgas Schwefelwasserstoff (H_2S) bildet. Für sauerstoffatmende (aerobe) Tiere ist es ein äußerst starkes Zellgift, das zu einem größeren Tiersterben am Meeresboden führen kann. Abbildung 6 und Abbildung 7 zeigen beispielhaft den Unterschied der Meeresbodenbesiedlung zwischen Regionen mit sauerstoffhaltigem und sauerstofffreiem Tiefenwasser.



Abbildung 6: Im Flachwasser (links) ist deutliche Besiedlung auf dem Meeresboden zu sehen, während in tiefen sauerstoffarmen Bereichen (rechts) sterbende Würmer auf dem Meeresgrund liegen (Fotos: LLUR).



Abbildung 7: Schwefelbakterien (Beggiatoa) sind ein Indikator für einsetzenden Sauerstoffmangel (Foto: U. Kunz).

Ursache für den Sauerstoffmangel am Meeresboden der westlichen Ostsee

Der saisonal auftretende Sauerstoffmangel im Tiefenwasser der westlichen Ostsee ist eine Folge der Eutrophierung der Küstengewässer durch zu hohe, das Wachstum der Planktonalgen fördernde Nährstoffeinträge aus dem Einzugsgebiet. Hier wird überwiegend eine intensive Landwirtschaft betrieben und die Nährstoffüberschüsse erweisen sich immer noch als zu hoch. Die in der Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (2016) für die einmündenden deutschen Ostseezuflüsse festgelegte Zielkonzentration für Gesamtstickstoff von 2,6 mg/l (Jahresmittel) wird an allen Zuflüssen im schleswig-holsteinischen Gebiet, außer an der Schwentinemündung, noch deutlich überschritten. Eine Verringerung der Nährstoffeinträge wird insbesondere durch eine Reihe von Maßnahmen in den Einzugsgebieten zur Erreichung der Ziele der Wasserrahmenrichtlinie angestrebt. So kann die Grundwasserschutzberatung für Landwirte in vielen Bereichen auch den Stoffeintrag in die Oberflächengewässer verringern helfen. Auch die zwischen dem Umweltministerium und dem Bauernverband Schleswig-Holstein im Jahr 2013 vereinbarte Allianz für den Gewässerschutz, 2017 erneuert und erweitert um die Wasser- und Bodenverbände, soll u.a. durch den optimierten Einsatz von Wirtschaftsdüngern, wie der bodennahen Ausbringung bzw. Injektion von Gülle und der dauerhaften Anlage von Gewässerrandstreifen die Nährstoffe in der Fläche halten. Von der in 2020 novellierten Düngeverordnung erhofft man sich eine Verringerung der diffusen Nährstoffeinträge in die Binnengewässer und damit auch in die inneren Ostseeküstengewässer.

Der spätsommerliche bzw. herbstliche Sauerstoffmangel ist ein Phänomen der westlichen Ostsee, das bis in die 70er Jahre des letzten Jahrhunderts nur gelegentlich zu beobachten war. Seit etwa 40 Jahren tritt es allerdings fast jährlich in den tiefen Meeresbereichen und den tiefen, austauscharmen Förden auf. Das saisonale Auftreten von Sauerstoffmangel mit Konzentrationen unter 4 mg/l bzw. von Sauerstoffschwund mit Konzentrationen unter 2 mg/l ist im Brackwassermeer Ostsee daher durchaus nicht ungewöhnlich, die Häufigkeit in den letzten Jahrzehnten aber durchaus besorgniserregend.

Physikalisch bedingt tritt im westlichen Teil der Ostsee alljährlich eine etwa vier Monate andauernde Schichtung des Wasserkörpers auf, d.h. wärmeres, salzarmes Oberflächenwasser liegt über kälterem, salzreichem Tiefenwasser. Dadurch bildet sich in 12 bis 17 Meter Wassertiefe eine so genannte thermohaline Sprungschicht aus, die den vertikalen Sauerstofftransport in das Tiefenwasser verhindert. Gerade dort aber laufen die sauerstoffzehrenden, mikrobiellen Abbauprozesse von abgestorbenen Frühjahrsplanktonalgenblüten ab. Der damit verbundene Sauerstoffschwund am und im Meeresboden wird auch als sekundärer Eutrophierungseffekt bezeichnet.

Die weitere Entwicklung der Sauerstoffgehalte wird maßgeblich von der spätherbstlichen Witterung beeinflusst. Windiges Wetter fördert die Sauerstoffzufuhr zum Meeresboden. Bei der im Verlauf des Spätherbstes einsetzenden Abkühlung des Oberflächenwassers wird sich die Situation auch in den Sauerstoffmangelgebieten mittelfristig wieder entspannen, da dann eine vertikale Durchmischung einsetzt mit Sauerstoffzufuhr in das Tiefenwasser und damit bis an den Meeresboden. Dadurch werden sich die Sauerstoffverhältnisse für die Bodentiere deutlich verbessern und es kann, solange kein anderer schädigender Faktor existiert, eine Wiederbesiedlung erfolgen, die je nach Schädigungsgrad und ohne erneute Störungen mehrere Jahre andauern kann.

Kontakt:

Dipl.-Chem. Hannah Lutterbeck, Dezernat Küstengewässer
Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein,
Hamburger Chaussee 25, 24220 Flintbek,
Tel.: 0 43 47 / 704-274, Fax: 0 43 47 / 704-402; Email: Hannah.Lutterbeck(at)lur.landsh.de