

Flintbek, 17. November 2015

Sauerstoffmangel im bodennahen Wasser der Westlichen Ostsee

Vom 14. bis 29.9.2015 führte das Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR) mit MS "Haithabu" (Abb.1) die alljährliche Messkampagne zur Ermittlung der Sauerstoffgehalte in der Westlichen Ostsee durch. An insgesamt 37 Messstellen, davon 30 mit Wassertiefen größer als 15 Meter, wurden die Sauerstoffgehalte mit einer Multiparametersonde (Abb.2) im Vertikalprofil von einem Meter unter der Oberfläche bis einem Meter über dem Meeresboden gemessen. Zusätzlich wurden die Wassertemperatur, der Salzgehalt und der pH-Wert sowie die prozentuale Sauerstoffsättigung erfasst. Im Folgenden wird über die Ergebnisse der jeweils einen Meter über dem Meeresboden gemessenen Sauerstoffgehalte berichtet.



Abb.1: MS „Haithabu“ beim Monitoringereinsatz in der Ostsee
(Foto: Christina Steffens)

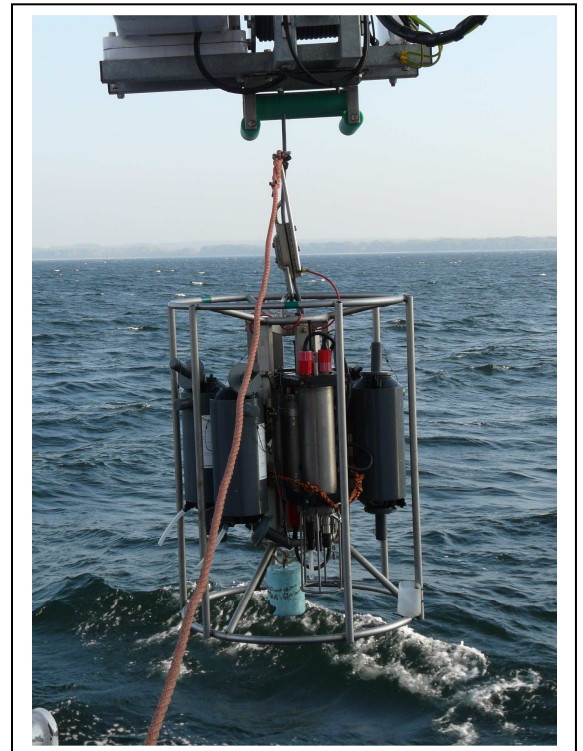


Abb.2: "Rosette" mit Wasserschöpfern und Multiparametersonde (Foto: LLUR)

An den Messstellen mit Wassertiefen über 15 Meter, d.h. dort, wo sich ab dem Frühsommer eine saisonale *thermohaline Schichtung* ausbildet, ist in diesem Jahr nur an *einer* Messstelle in der inneren Flensburger Förde **Sauerstoffschwund** festgestellt worden, d.h. weniger als ein Milligramm pro Liter. Hier konnte in der Tiefenwasserprobe auch in diesem Jahr wieder das Faulgas Schwefelwasserstoff (H_2S) nachgewiesen werden, d.h. am Meeresboden fan-

den infolge des Sauerstoffschwunds bereits Verwesungsprozesse der abgestorbenen Bodentierfauna statt. Die folgende Tabelle zeigt das *fünfstufige Bewertungs- bzw. Klassifizierungssystem* für die gemessenen Sauerstoffkonzentrationen *einen Meter* über dem Meeresboden. Die jeweiligen relativen Häufigkeiten der Sauerstoffmesswerte in den fünf Bewertungsklassen des LLUR sind in der folgende Tabelle für die Jahre 2015 sowie auch für 2014 und 2002, als das bisher größte Ausmaß an Sauerstoffmangel in der westlichen Ostsee herrschte, dargestellt:

Sauerstoff-Bewertung (LLUR)	O2-Klasse	Sauerstoffgehalt (mg/l)	2015 (30 Messwerte)	2014 (31 Messwerte)	2002 (66 Messwerte)
sehr gute Sauerstoffbedingungen	1	>6	30%	0%	3%
gute Sauerstoffbedingungen	2	>4 bis 6	27%	36%	1%
mäßige Sauerstoffbedingungen	3	>2 bis 4	40%	33%	4%
starker Sauerstoffmangel	4	>1 bis 2	0%	27%	25%
Sauerstoffschwund, ggfs. H2S-Vorkommen	5	<1	3%	3%	66%

In diesem Jahr zeigen 57% der Sauerstoffmesswerte in der Westlichen Ostsee gute oder sehr gute Sauerstoffbedingungen, im Vorjahr waren es dagegen nur 37% und 2002 nur 4%. In Abb.3 ist die relative Verteilung der gemessenen Sauerstoffgehalte im Tiefenwasser auf die fünf Sauerstoffbewertungsklassen grafisch dargestellt:

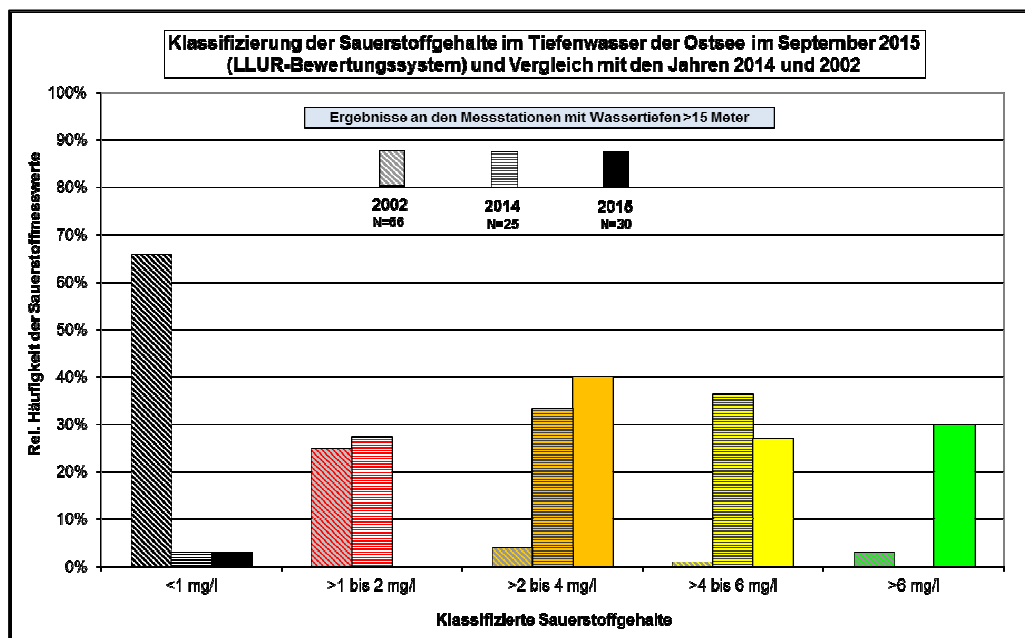


Abb.3: Klassifizierung der Sauerstoffgehalte im Tiefenwasser der westlichen Ostsee im September 2015 und Vergleich mit den Ergebnissen aus 2014 und 2002

Die gemessenen und klassifizierten Sauerstoffgehalte an den einzelnen Messstellen des schleswig-holsteinischen Ostseegebietes sind in Abb.4 in einer Karte dargestellt.

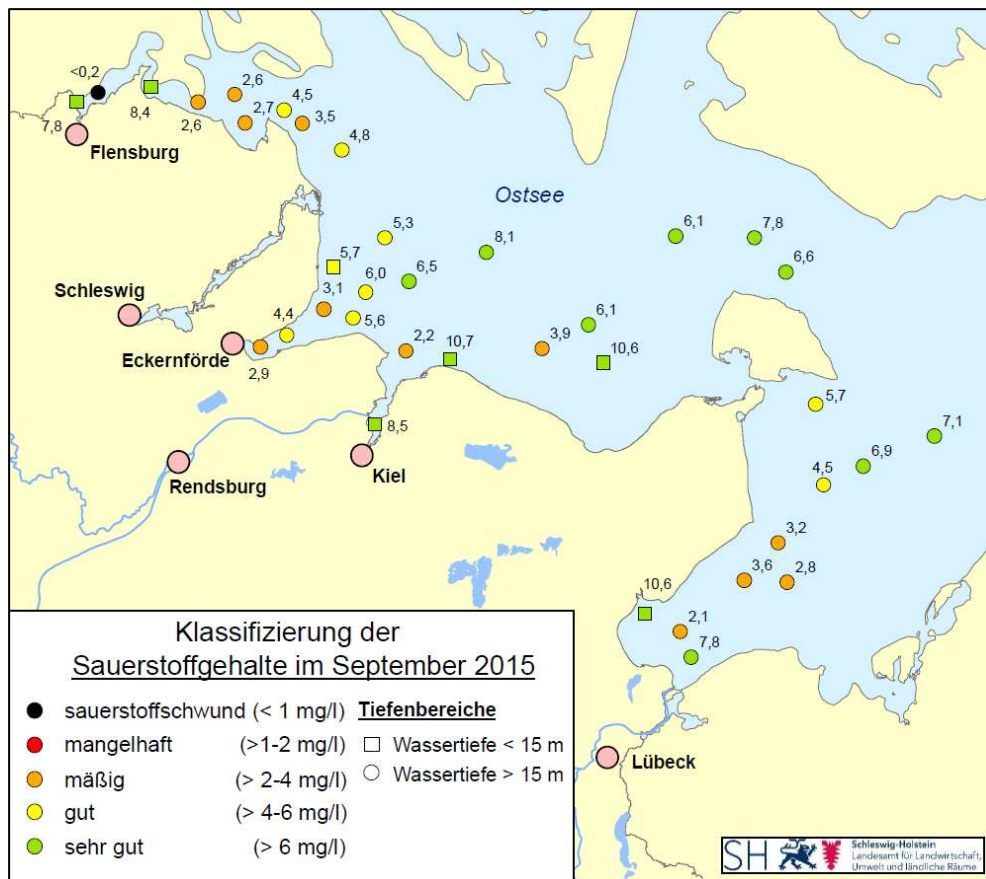


Abb.4: Klassifizierte Sauerstoffgehalte im Tiefenwasser der westlichen Ostsee im September 2015

Eine regionalisierte Auswertung der *mittleren* Sauerstoffgehalte im Tiefenwasser der verschiedenen Förden und Buchten der Westlichen Ostsee ist nachfolgend mit Angabe der Zustandsklasse für die Bewertung tabellarisch dargestellt:

Ostsee-Region in Schleswig-Holstein	Mittlerer Sauerstoffgehalt (mg/l) im September 2015	Zustandsklasse
Flensburger Förde	2,7	mäßig
Eckernförder Bucht	3,5	mäßig
Kieler Bucht	5,4	gut
Fehmarnbelt	6,8	sehr gut
Mecklenburger Bucht	5,5	gut
Lübecker Bucht *)	2,8	mäßig

*) an der Station Brodten“ wurde ein Sauerstoffgehalt von 7,2, mg/l gemessen, dieser Wert wurde nicht in die Mittelwertberechnung für die Lübecker Bucht einbezogen

Wie in den Jahren zuvor sind ab Mitte September 2015 in der Flensburger Förde, der Eckernförder Bucht und der Lübecker Bucht wieder mäßige Sauerstoffbedingungen festzustellen. Gute Bedingungen wurden dagegen in der nordöstlichen Kieler Bucht und in der westlichen Mecklenburger Bucht gemessen, sehr gute Bedingungen im Fehmarnbelt. Im Vergleich zum Vorjahr ist hier die Sauerstoffsituation in diesem Jahr etwas besser. In der

Kieler Außenförde wurden mit nur 2,2 mg/l gerade noch mäßige Sauerstoffbedingungen festgestellt. Hier wurde in früheren Jahren im Spätsommer fast immer Sauerstoffschwund (Gehalte <1 mg/l) festgestellt. In Abb.5 sind die spätsommerlichen Sauerstoffgehalte in der Kieler Außenförde im Zeitraum von 2001 bis 2015 vergleichend dargestellt.

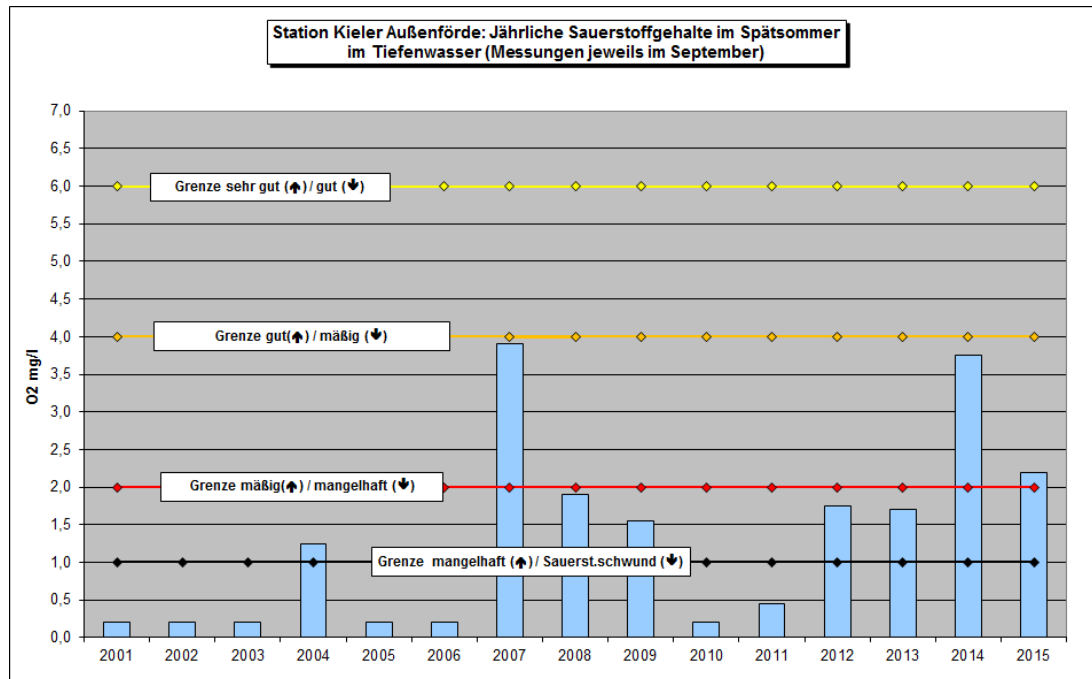


Abb.5: Spätsommerliche Sauerstoffgehalte im Tiefenwasser in der Kieler Außenförde im Zeitraum von 2001 bis 2015

Die Entwicklung hin zu dem spätsommerlichen Sauerstoffmangel im Tiefenwasser der Förden und Buchten hatte sich während der Messungen Ende Juni/Anfang Juli bereits angedeutet. In der Flensburger Innenförde war die Sauerstoffkonzentration über dem Meeresboden mit nur 2,9 mg/l bereits mäßig, wie auch in der Eckernförder Bucht mit 3,2 mg/l. In der Kieler Außenförde wurden Anfang Juli noch 4,2 mg/l gemessen, d.h. gute Sauerstoffbedingungen. Im Vergleich dazu wurden in der zentralen Kieler Bucht sogar sehr gute Sauerstoffbedingungen mit 8,7 mg/l festgestellt. In der Lübecker Bucht hatte sich die Sauerstoffkonzentrationen bereits auf 4,8 mg/l verringert, während in der Mecklenburger Bucht Ende Juni noch 5,5 mg/l gemessen wurden.

Anfang September gab es eine Sturmweatherlage, die in der südlichen Kieler Bucht und in der westlichen Mecklenburger Bucht durch Aufbrechen der vertikalen Schichtung zu mäßigen bis guten Sauerstoffbedingen geführt hatte. Die Durchmischungsvorgänge haben dadurch wieder Sauerstoff in Bodennähe eingebracht.

Sauerstoffuntersuchungen werden auch regelmäßig vom Dänischen Nationalen Zentrum für Umwelt und Energie (DCE) an der Universität Århus durchgeführt und in drei Sauerstoffklas-

sen bewertet¹. In Abb.6 sind die modellierten Ergebnisse der Sauerstoffmessungen im September 2015 für große Gebiete der Westlichen Ostsee gemeinsam mit den Messungen des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG) dargestellt². Erkennbar ist der starke Sauerstoffmangel (<2 mg/l) im südlichen Teil des Kleinen Belts, südlich der Inseln Fünen und Ærø, im dänischen Teil der Flensburger Förde sowie in der südöstlichen Lübecker Bucht.

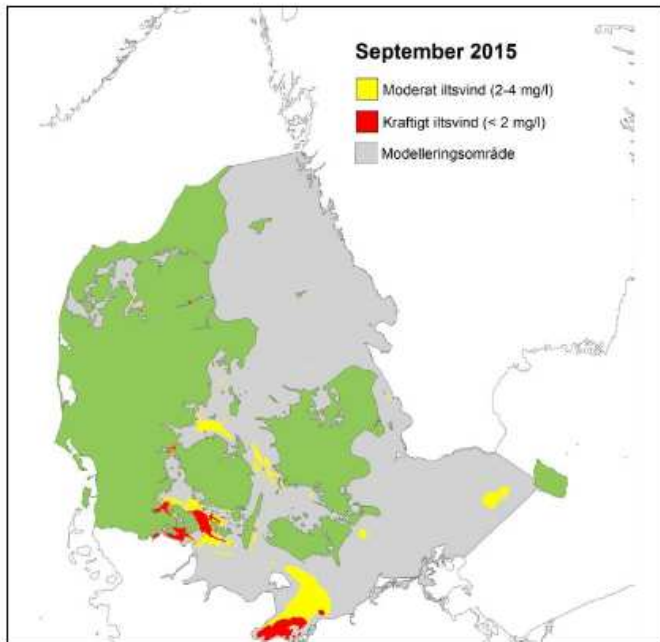


Abb.6: Sauerstoffmessungen des Dänischen Nationalen Zentrums für Umwelt und Energie (DCE, Institut for Bioscience)

Auswirkungen des saisonalen Sauerstoffmangels auf die Bodentierfauna

Sinkt der Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser unter 2 Milligramm pro Liter 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.

Abb.7 zeigt beispielhaft den Unterschied der Meeresbodenbesiedlung zwischen Regionen mit sauerstoffhaltigem und sauerstofffreiem Tiefenwasser.

¹ Quelle: National Center for Miljø og Energi, Århus Universitet, Homepage: <http://bios.au.dk/videnudveksling/tilmyndigheder-og-saerligt-interesserede/havmiljoe/iltvind/arkiv/>

² Bei Redaktionsschluss des dänischen Berichtes hatten die Sauerstoffmessungen des LLUR noch nicht begonnen, daher war keine Ergebnisdarstellung in der Karte möglich.



Abb.7: Im Flachwasser (links) deutliche Besiedlung, während in tiefen sauerstoffarmen Bereichen sterbende Würmer auf dem Meeresgrund liegen (Fotos: LLUR)

Ursache für den Sauerstoffmangel am Meeresboden der Westlichen Ostsee

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 30 Jahren wird es allerdings **fast jährlich in den tiefen Meeresbereichen** und den tiefen, austauscharmen Förden beobachtet. Das saisonale Auftreten von Sauerstoffmangel mit Konzentrationen unter 4 Milligramm pro Liter bzw. von Sauerstoffschwund mit Konzentrationen unter 2 Milligramm pro Liter ist im *Brackwassermeer Ostsee* daher durchaus nicht ungewöhnlich. Im westlichen Teil der Ostsee tritt alljährlich eine etwa vier Monate andauernde Schichtung des Wasserkörpers auf: 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 Planktonalgenblüten ab. Der saisonal auftretende Sauerstoffmangel im Tiefenwasser der westlichen Ostsee ist somit eine Folge der Eutrophierung der Küstengewässer durch zu hohe, das Wachstum der Planktonalgen fördernde Nährstoffeinträge aus dem Ostsee-Einzugsgebiet.

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 *mittelfristig* die Situation auch in den Sauerstoffmangelgebieten 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,

tiert, eine Wiederbesiedlung erfolgen, die je nach Schädigungsgrad und ohne erneute Störungen mehrere Jahre andauern kann.

Kontakt:

Dipl.-Chem. Thorkild Petenati, Dezernat Küstengewässer
Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und
ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein,
Hamburger Chaussee 25, 24220 Flintbek,
Tel.: 0 43 47 / 704-423, Fax: 0 43 47 / 704-402;
Email: Thorkild.Petenati@llur.landsh.de