

Flintbek, 30. September 2014

## Sauerstoffmangel im bodennahen Wasser der westlichen Ostsee

Vom 1. bis 17.9.2014 führte das Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR) mit MS "Haithabu" die alljährliche Messkampagne zur Ermittlung der Sauerstoffgehalte in der westlichen Ostsee durch. An insgesamt 37 Messstellen, davon 31 mit Wassertiefen größer als 15 Meter, wurden die Sauerstoffgehalte mit einer Multiparametersonde 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.

An den Messstellen mit Wassertiefen über 15 Meter, d.h. dort, wo sich eine saisonale *thermohaline Schichtung* ausbildet, zeigen **30%** der Sauerstoffmesswerte über dem Meeresboden **Sauerstoffschwund** (<1 Milligramm Sauerstoff pro Liter) oder **starken Sauerstoffmangel** (1 bis 2 Milligramm Sauerstoff pro Liter). Zum Vergleich: Im Vorjahr waren es 36% und im Jahr 2002, dem Jahr mit dem bisher größten Ausmaß an Sauerstoffmangel in der westlichen Ostsee waren es sogar 91%. Der Anteil an Messwerten mit **mäßigen** Sauerstoffbedingungen (>2 bis 4 Milligramm pro Liter) liegt bei **33%** (2013: 39% und 2002: 4%). Der Anteil mit **guten** (>4 bis 6 Milligramm pro Liter) oder **sehr guten** Sauerstoffbedingungen (>6 Milligramm pro Liter) liegt in diesem Jahr erfreulicherweise bei **36%** (2013: 24% und 2002: 4%). Die folgende Tabelle zeigt das Bewertungs- bzw. Klassifizierungssystem für die gemessenen Sauerstoffkonzentrationen:

Sauerstoff-Bewertungssystem	Konzentration	Klasse
<b>sehr gute</b> Sauerstoffbedingungen	>6 mg/l	<b>1</b>
<b>gute</b> Sauerstoffbedingungen	>4 bis 6 mg/l	<b>2</b>
<b>mäßige</b> Sauerstoffbedingungen	>2 bis 4 mg/l	<b>3</b>
starker Sauerstoffmangel	1 bis 2 mg/l	<b>4</b>
Sauerstoffschwund, ggfs. auch H <sub>2</sub> S-Vorkommen	<1 mg/l	<b>5</b>

Die gemessenen und klassifizierten Sauerstoffgehalte an den einzelnen Messstellen sind in *Abb. 1* in einer Karte des schleswig-holsteinischen Ostseegebietes dargestellt.

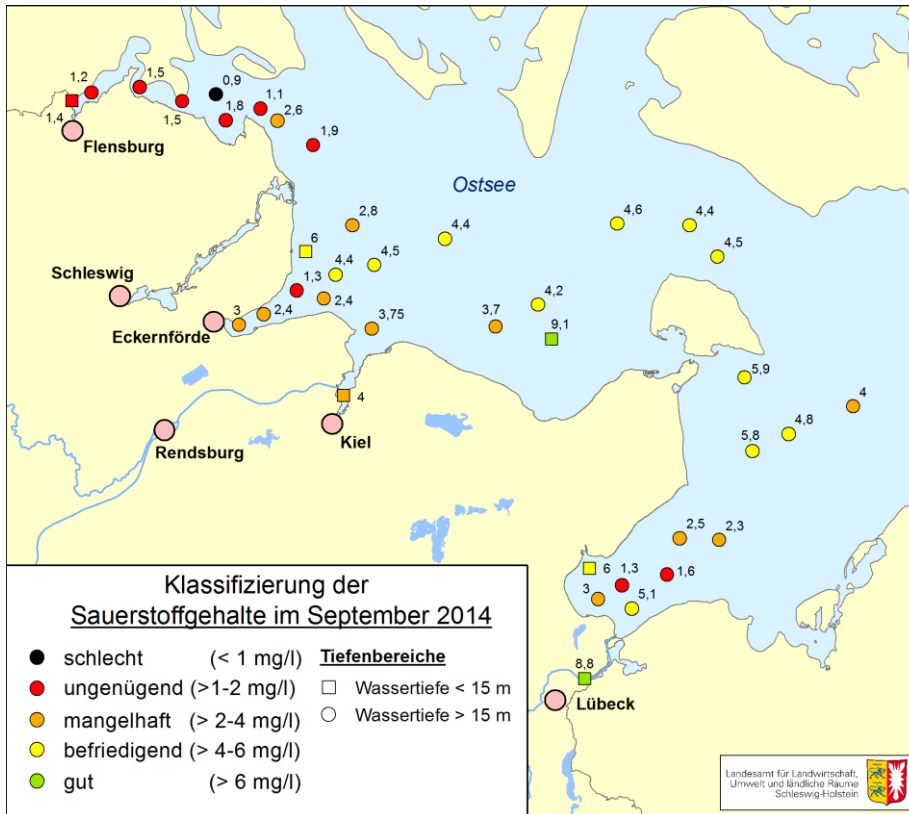


Abb.1: Klassifizierte Sauerstoffgehalte im Tiefenwasser der westlichen Ostsee im September 2014

In *Abb.2* ist die Verteilung der gemessenen Sauerstoffgehalte im Tiefenwasser auf die fünf Sauerstoffbewertungsklassen dargestellt:

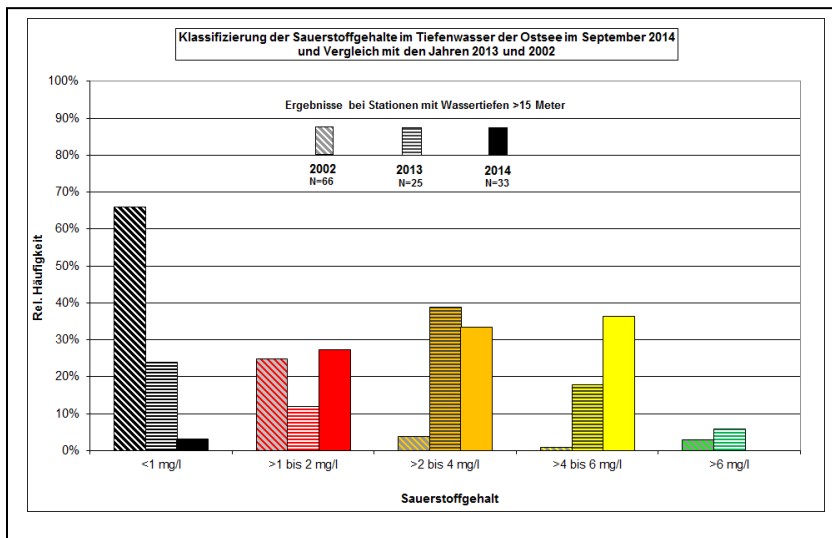


Abb.2: Klassifizierung der Sauerstoffgehalte im Tiefenwasser der westlichen Ostsee im September 2014

Eine regionalisierte Auswertung der *mittleren* Sauerstoffgehalte im Tiefenwasser der verschiedenen Förden und Buchten der westlichen Ostsee ist in nachfolgender Tabelle zusammen gestellt:

Ostsee-Region in Schleswig-Holstein	Mittlerer Sauerstoffgehalt (mg/l) im September 2014
Flensburger Förde	1,5
Eckernförder Bucht	2,5
Kieler Bucht	4,4
Fehmarnbelt	4,5
Lübecker Bucht	2,6
Mecklenburger Bucht	4,9

Wie in den Jahren zuvor ist auch im September 2014 in der Flensburger Förde, der Eckernförder Bucht und der Lübecker Bucht wieder *Sauerstoffschwund* oder *erheblicher Sauerstoffmangel* festzustellen. In der Geltinger Bucht konnte in der Tiefenwasserprobe das Faulgas Schwefelwasserstoff ( $H_2S$ ) nachgewiesen werden, d.h. am Meeresboden finden infolge Sauerstoffschwunds bereits Verwesungsprozesse der abgestorbenen Bodentierfauna statt. Gute Sauerstoffverhältnisse wurden dagegen in der Kieler Bucht, im Fehmarnbelt und in der westlichen Mecklenburger Bucht gemessen. Im Vergleich zum Vorjahr ist hier die Sauerstoffsituation etwas besser. In der *Kieler Außenförde*, wo in früheren Jahren fast immer Sauerstoffschwund ( $<1$  mg/l) festgestellt wurde, lagen die Sauerstoffgehalte in der ersten Septemberhälfte im Mittel bei 3,75 mg/l. In Abb.3 sind die spätsommerlichen Sauerstoffgehalte an dieser Messstelle im Zeitraum von 2001 bis 2014 dargestellt. Ähnliche gute Sauerstoffgehalte wie in diesem Jahr gab es in der Kieler Außenförde bisher nur im Jahr 2007.

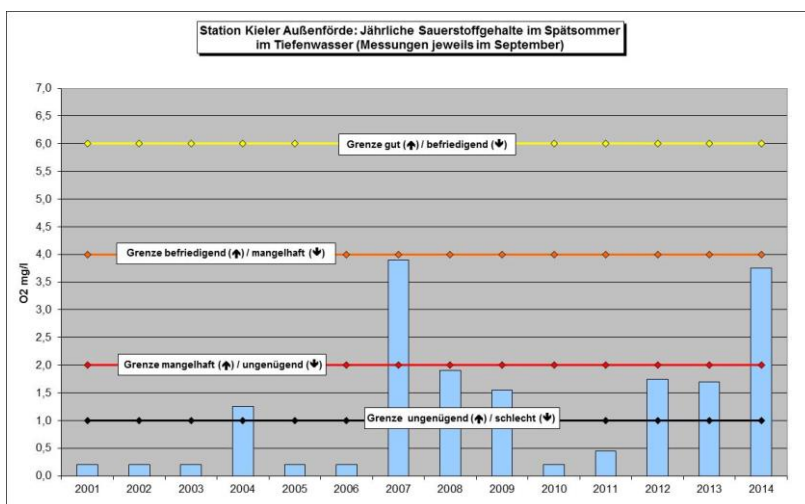


Abb.3: Spätsommerliche Sauerstoffgehalte im Tiefenwasser in der Kieler Außenförde im Zeitraum von 2001 bis 2014

Die Entwicklung hin zu dem spätsommerlichen Sauerstoffmangel im Tiefenwasser der Förden und Buchten hatte sich während der letzten Messungen im Mai und Juni wie in den Vorjahren bereits angedeutet. Die Sauerstoffkonzentrationen über dem Meeresboden waren in der Flensburger Innenförde und in der Eckernförder Bucht schon im Frühsommer mit Werten

zwischen 2,7 und 4 mg/l sehr niedrig. Dagegen herrschten in der südlichen Kieler Bucht Anfang Juni noch gute Sauerstoffbedingungen mit 5,6 mg/l und in der Kieler Außenförde wurden sogar 6,6 mg/l gemessen. In der Lübecker Bucht hatte sich die Sauerstoffkonzentrationen schon Mitte Mai auf 4,5 mg/l verringert, in der Neustädter Bucht wurden Mitte Juni aber noch 5,3 mg/l gemessen.

Die gelegentlichen Ostwind-Sturmweatherlagen während des Sommers und Oberflächenwassertemperaturen von etwas über 20°C haben in der südlichen Kieler Bucht und in der westlichen Mecklenburger Bucht zu mäßigen bis guten Sauerstoffbedingungen geführt. Die vertikale thermohaline Schichtung war hier offensichtlich nicht so stabil, Durchmischungen haben so starke Sauerstoffzehrungsprozesse in Bodennähe verhindert.

Sauerstoffuntersuchungen werden auch regelmäßig vom Dänischen Nationalen Zentrum für Umwelt und Energie (DCE, Institute for Bioscience, Århus) durchgeführt und in drei Sauerstoffklassen bewertet. In *Abb.4* sind die Ergebnisse der Sauerstoffmessungen im September 2014 für große Gebiete der Ostsee in einer Karte gemeinsam mit den Messungen des LLUR dargestellt. Erkennbar ist der starke Sauerstoffmangel (<2 mg/l) im südlichen Teil des Kleinen Belts, südlich der Inseln Fünen und Ærø, in der gesamten Flensburger Förde sowie nahe der Kadetrinne und auch in der Zentralen Ostsee, westlich und östlich von Bornholm. (Quelle: National Center for Miljø og Energi, Århus Universitet, Homepage: [www.dce.au.dk](http://www.dce.au.dk)). Die Messungen zeigen, dass es in vielen Ostseegebieten im September erfreulicherweise keinen oder nur mäßigen Sauerstoffmangel gibt.

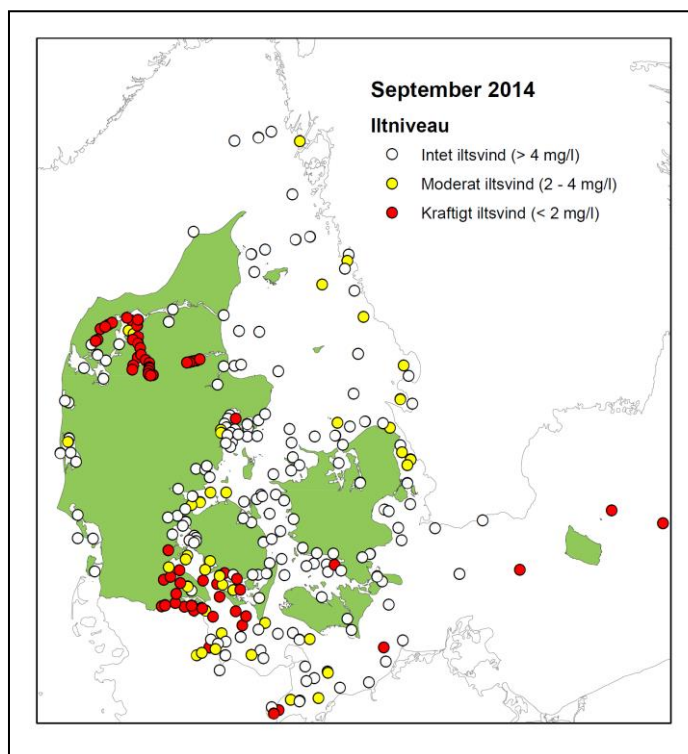


Abb.4: Sauerstoffmessungen des dänischen Nationalen Zentrums für Umwelt und Energie (DCE, Institut for Bioscience).

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



Abb.5: Im Flachwasser (links) deutliche Besiedlung, während in tiefen sauerstoffarmen Bereichen sterbende Würmer auf dem Grund 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, 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](mailto:Thorkild.Petenati@llur.landsh.de)